

**VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže**

**Změna technologie výroby části
vřetenové jednotky v podmínkách
FLOW TECH s.r.o. Zlín**

*Production Technology Modification of Spindle
Part in FLOW TECH s.r.o. Zlín*

Student :

Bc. Ondřej Dupala

Vedoucí diplomové práce :

Ing. Robert ČEP, Ph.D.

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 22.5 2009

.....

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odstavec 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřou licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odstavec 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů , které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 22.5.2009

.....

Ondřej Dupala

Adresa trvalého bydliště : Raková 40

76312 Vizovice **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Dupala, O. *Změna technologie výroby části vřetenové jednotky v podmínkách FLOW TECH s.r.o. Zlín*. Ostrava: Katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 64s. Diplomová práce, vedoucí

Ing. Robert Čep, Ph.D.

Tato diplomová práce se zabývá Změnou technologie výroby části vřetenové jednotky v podmínkách FLOW TECH s r.o. Cílem práce je nahradit stávající svařenec odlitkem a navrhnout postup jeho výroby. V teoretické části je popisována problematika frézování, pracovní pohyby při frézování a silové poměry při frézování. Práce se dělí do těchto částí:

1. Teoretická část - Frézování
2. Rozbor stávající technologie
3. Návrh nové technologie
4. Volba vhodného stroje
5. Technicko - ekonomické zhodnocení
6. Závěr

V diplomové práci jsou uvedeny přínosy pro výrobu zadané součásti a technicko-ekonomické zhodnocení nové i staré technologie.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

Dupala, O. *Production Technology Modification of Spindle Part in FLOW TECH, s.r.o. Zlín*. Ostrava: Department of Machining and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VSB - Technical University Ostrava, 2009, 64p. diploma thesis, head Robert Cep, Ph.D, Msc.

This diploma thesis is dealing, by production technology modification of spindle part in FLOW TECH, s.r.o. Zlín. Main goal of the thesis is modification of weldment by casting and propose its production. In theoretical part, is describing milling (movement at milling, forces, etc.). The thesis is dividing to these parts:

1. Theoretical part – Milling;
2. Analysis of current technology;
3. Propose of new technology;
4. Choice of machine tool;
5. Technical and economical estimation;
6. Conclusion;

There are contributions for production of part and technical and economical estimation of old and new technology in diploma thesis.

Obsah

Obsah	1
Seznam použitého značení	3
Úvod	5
Cíle diplomové práce	6
1. Frézování	7
1.1 Charakteristika výrobní metody	7
1.2 Způsoby frézování	7
1.3 Základní výpočty	10
1.4 Průřez třísky	10
1.5 Řezné síly	12
1.6 Strojní čas	13
1.7 Základní dělení frézovacích nástrojů	14
2. Rozbor stávající technologie výroby součásti	16
2.1 Výrobní výkres	16
2.2 Popis součásti	16
2.3 Technologický postup stávající výroby	19
3. Návrh nové technologie	32
3.1 Návrh nové technologie	32
3.2 Popis materiálu odlitku	32
3.3 Navrhovaný technologický postup	33
4. Volba vhodného stroje	54
4.1 Volba strojů	54
5. Technicko - ekonomické zhodnocení	56
5.1 Porovnání nákladů na výrobu svařence a odlitku	56

5.2 Porovnání nákladů na obrábění svařence a odlitku	56
5.3 Výhody nahrazení sestavy svařence odlitkem.....	56
6. Závěr	60
 Použitá literatura	 61
Poděkování	63
Seznam příloh	64

Seznam použitého značení :

Značka	Význam	Jednotka
v_c	řezná rychlost	$m \cdot min^{-1}$
v_f	posuvová rychlost	$mm \cdot min^{-1}$
D	průměr obráběné díry	mm
n	otáčky nástroje	min^{-1}
f_n	posuv na otáčku	mm
f_z	posuv na zub	mm
z	počet zubů	-
h_i	jmenovitá tloušťka třísky	mm
φ_i	úhel posunového pohybu	°
φ_{max}	maximální úhel posunového pohybu	°
i	poloha zubu frézy	-
A_{Di}	jmenovitý průřez třísky	mm^2
A_{Dmax}	maximální jmenovitý průřez třísky	mm^2
a_p	šířka záběru ostří	mm
κ_r	úhel nastavení hlavního ostří	°
b	jmenovitá šířka třísky	mm
F_i	celková řezná síla	N
F_{ci}	řezná síla	N
F_{cNi}	kolmá řezná síla	N
F_{fi}	posuvová síla	N
F_{fNi}	kolmá posuvová síla	N
k_{ci}	měrná řezná síla	N
C_{Fc}	konstanta vyjadřující vliv obráběného materiálu	-
x	exponent vlivu tloušťky třísky	-

Značka	Význam	Jednotka
t_{AS}	jednotkový strojní čas	min
L	dráha nástroje ve směru posuvového pohybu	mm
l_n	délka náběhu	mm
l_f	délka přeběhu	mm
R_m	mez pevnosti	MPa
R_p	mez kluzu	MPa
A_5	tažnost	%
E	modul pružnosti	MPa
G	modul pružnosti ve smyku	MPa
HV	tvrdost podle Vickerse	-
SK	slinutý karbid	-
KNB	kubický nitrid bóru	-
PKD	polykrystalický diamant	-
t_{AC}	kusový čas	min
t_{BC}	přípravný čas	min

Úvod

Pokud navrhujeme novou technologii, je pro nás stěžejním úkolem dosáhnout co největší úspory výrobních nákladů.

Realizovat tyto cíle můžeme použitím nových výrobních procesů a postupů v rámci možností podniku.

Snižování výrobních časů a optimální využití strojů je velmi důležité pro konkurenceschopnost daného podniku na trhu [10].

Moderní obráběcí stroje se vhodně zvolenými nástroji a parametry značně zkrátí průběžnou dobu výroby.

Díky tomu můžeme dosáhnout co největšího užitku z daných výrobních možností podniku [10].

Cíle diplomové práce

Cílem práce je nahradit stávající sestavu svařence (část vřetenové jednotky obráběcího stroje) odlitkem. Navrhnout technologický postup obrábění tohoto odlitku a porovnat obě výroby.

Pro splnění cílů práce je nutno provést:

- rozbor současné technologie výroby
- návrh nové technologie výroby části vřetenové jednotky
- volbu vhodných nástrojů, strojů a řezných parametrů
- technicko - ekonomické zhodnocení obou výrob

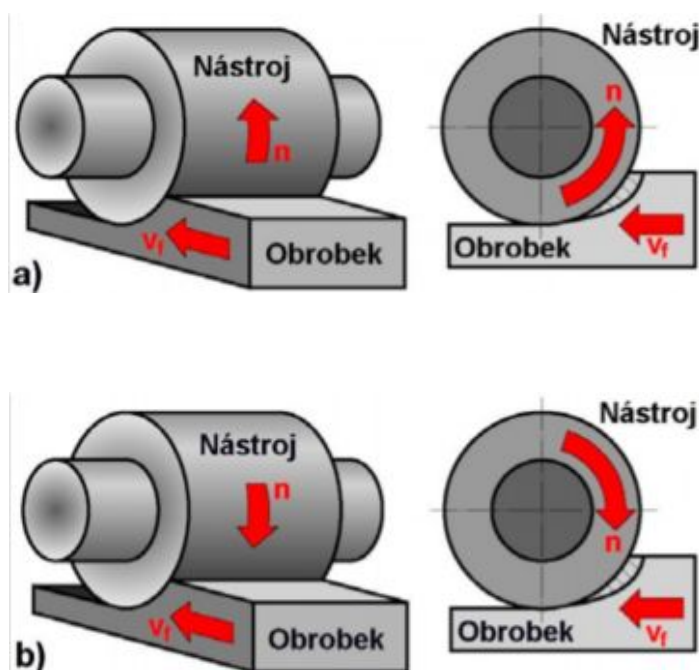
1. Frézování

1.1 Charakteristika výrobní metody

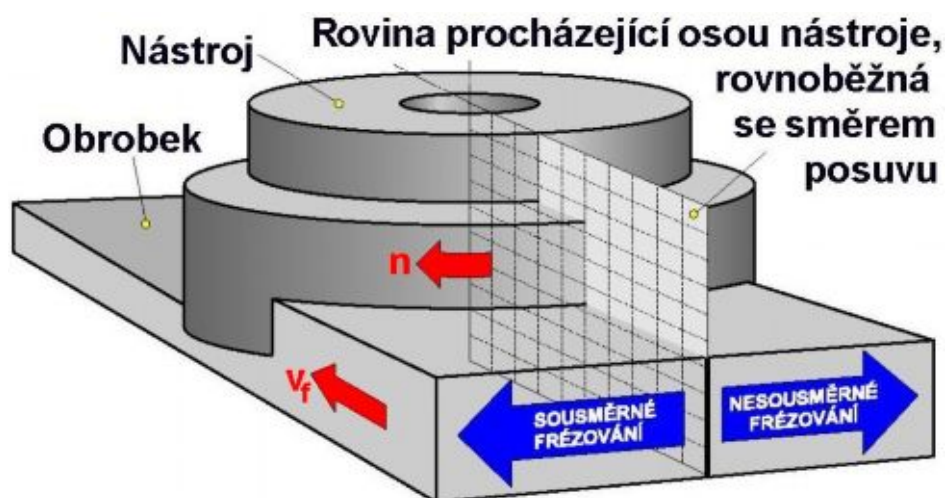
Frézování je obráběcí metoda, kterou obrábíme rovinné i tvarové plochy a to rotujícím vícebřitým nástrojem - frézou. Hlavní řezný pohyb je tedy rotační pohyb nástroje. Tento pohyb je určen řeznou rychlostí, která závisí na materiálu obrobku, nástroje a na použitém stroji. Vedlejší řezný pohyb - posuv koná nejčastěji obrobek, většinou kolmo na osu nástroje. Posuv může být buď přímočarý (pohyb v osách X,Y,Z) a nebo kruhový. Z toho plyne, že výsledný řezný pohyb je cykloida. Dříve byl posuvný pohyb realizován jako posloupnost přímočarých pohybů [4]. Moderní frézovací CNC stroje umožňují plynulé změny posuvů. Při frézování dochází k přerušovanému řezu, každý zub nástroje odřezává materiál ve formě třísky s proměnnou tloušťkou.

1.2 Způsoby frézování

Z technologického hlediska v závislosti na použitém nástroji rozlišujeme frézování válcové (frézování obvodem nástroje - obr.1.1) a frézování čelní (frézování čelem nástroje - obr.1.2). Od těchto základních způsobů se odvozují některé další způsoby, jako je frézování okružní a planetové [1].



Obr. 1.1 Válcové frézování a). nesousledné, b). sousledné [1]



Obr. 1.2 Čelní frézování [1]

Válcové frézování se provádí převážně válcovými frézami, u nichž jsou zuby pouze na obvodu nástroje. Nastavení frézy do záběru probíhá kolmo na její osu a směr posuvu. Frézy se šroubovitými zuby zmenšují přerušované namáhání [3]. Podle kinematiky se obráběcí proces člení na dva druhy frézování:

- frézování nesousledné (protisměrné, nesousměrné),
- sousledné (sousměrné).

Nesousledné frézování

Fréza se otáčí proti směru posuvu (obr 1.1), průřez třísky se postupně zvětšuje od nulové hodnoty po maximum. V tomto případě zaoblení ostří způsobuje, že zub začne řezat až po dosažení určité tloušťky třísky, předtím dochází pouze k pěchování materiálu a tření hřbetu o obrobek [2]. Proto se břit nástroje více opotřebovává a dosahujeme touto metodou horší kvality obrobené plochy. U nesousledného frézování způsobuje svislá složka síly řezání zvedání obrobku (obr. 1.6), proto jsou zde kladeny větší nároky na upnutí.

Sousledné frézování

Fréza se otáčí ve směru posuvu (obr 1.1), průřez třísky se postupně mění od maximální hodnoty až po nulovou hodnotu. Tímto způsobem dosáhneme lepší drsnosti obrobené plochy, která se vytváří, když zub vychází ze záběru. Nevýhodou této metody jsou rázy vznikající při záběru každého zubu do materiálu. Použitím fréz se šikmými zuby tyto rázy eliminujeme. Řezné síly působí obvykle směrem do obrobku, proti stolu stroje. Sousledné frézování může probíhat pouze na přizpůsobeném stroji, při vymezené vůli a předpětí

mezi posuvovým šroubem a maticí stolu frézky [1]. Nejvhodnější je tuto technologii používat na strojích s pohony pomocí kuličkových šroubů – bezvůlové uložení.

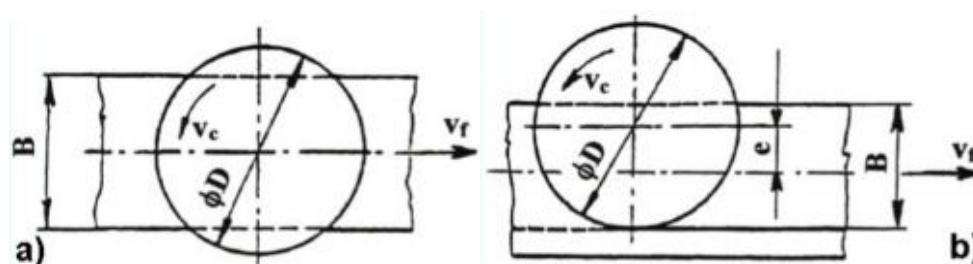
Výhody nesousledného frézování:

- trvanlivost nástroje neovlivňují okraje, kůra odlitku a pod.,
- nemusí se vymezovat vůle v posuvech stroje, menší opotřebení posuvových šroubů a matic,
- posuv se provádí proti řeznému pohybu – dá se použít u každé frézy [3],
- záběr zubů frézy při jejich vřezávání nezávisí na hloubce řezu [1].

Výhody sousledného frézování:

- vyšší výkon při frézování o 30 až 50% při stejné trvanlivosti nástroje,
- to umožňuje použití vyšších řezných rychlostí a posuvů,
- menší potřebný řezný výkon,
- menší náchylnost nástroje k chvění [12],
- obvykle menší sklon k tvoření nárůstku,
- lepší drsnost obrobeného povrchu,
- menší nároky na upnutí – výsledná řezná síla směřuje do obrobku [1].

Čelní frézování se realizuje čelními frézami s osou kolmou k obráběné ploše. Materiál je zároveň odřezáván břity na obvodu i čele nástroje. Tloušťka třísky závisí na průměru nástroje a šířce obráběné plochy, mění se od minima do maxima. Frézujeme současně, sousledně i nesousledně (obr.1.2), podle polohy osy nástroje vůči frézované ploše rozlišujeme symetrické nebo nesymetrické frézování (obr.1.3).



Obr. 1.3 Čelní frézování a). symetrické, b). nesymetrické [1]

1.3 Základní výpočty

Řezná rychlost

Volí se podle obrobiteľnosti obráběného materiálu, způsobu obrábění a materiálu nástroje.

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (1.1)$$

kde: D [mm] je průměr nástroje,

n [min^{-1}] jsou otáčky nástroje.

Posuv

Základní jednotkou posuvového pohybu je posuv na zub f_z [mm], což je délka dráhy, kterou ujede obrobek po dobu záběru zubu. Z posuvu na zub lze vypočítat posuv na otáčku f_n , což je délka dráhy, kterou ujede obrobek po dobu jedné otáčky nástroje [1]:

$$f_n = f_z \cdot z [\text{mm}] \quad (1.2)$$

kde: z [–] je počet zubů (břitů) nástroje.

Posunová rychlost v_f se vypočítá ze vztahu:

$$v_f = f_n \cdot n = f_z \cdot z \cdot n [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}], \quad (1.3)$$

kde: n [min^{-1}] jsou otáčky nástroje.

1.4 Průřez třísky

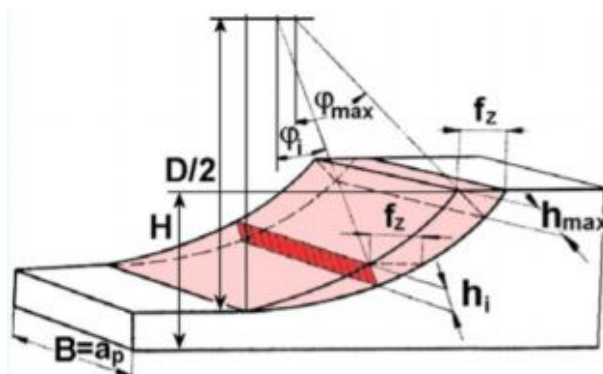
Tloušťka odřezávané třísky h_i se při válcovém nesousledném frézování mění od nulové do maximální hodnoty a od maximální hodnoty do nuly při frézování sousledném (obr.1.4). Jmenovitá tloušťka třísky h_i v libovolné fázi jejího odřezávání se vyjádří vztahem [1]:

$$h_i = f(\varphi_i) = f_z \cdot \sin \varphi_i [\text{mm}], \quad (1.4)$$

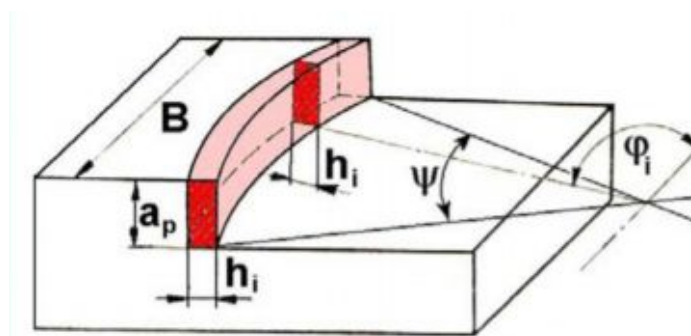
kde: f_z [mm] je posuv na zub,

φ_i [°] je úhel posunového pohybu.

Úhel posuvového pohybu φ_i se mění nejen v závislosti na poloze řešeného zubu, ale u fréz se šikmými zuby nebo zuby ve šroubovici také podél příslušného ostří [1].



Obr. 1.4 Průřez třísky při válcovém frézování [1]



Obr. 1.5 Průřez třísky při čelním frézování [1]

Jmenovitý průřez třísky pro polohu zubu frézy „i“ se označí A_{Di} a vyjádří se na základě poměrů naznačených na obrázku (obr.1.4) [1]:

$$A_{Di} = a_p \cdot h_i = a_p \cdot f_z \cdot \sin \varphi_i [\text{mm}^2], \quad (1.5)$$

Maximální velikost jmenovitého průřezu třísky bude při $\varphi_i = \varphi_{\max}$

$$A_{D\max} = a_p \cdot h_{\max} = a_p \cdot f_z \cdot \sin \varphi_{\max} [\text{mm}^2], \quad (1.6)$$

$$\sin \varphi_{\max} = \frac{2}{D} \sqrt{D \cdot H - H^2} [-]. \quad (1.7)$$

U čelního frézování se tloušťka třísky rovněž mění v závislosti na úhlu posuvového pohybu φ_i a je navíc ovlivněna i úhlem nastavení hlavního ostří κ_r , na obrázku je hodnota $\kappa_r = 90^\circ$ (obr.1.5), proto se její okamžitá hodnota vypočítá podle vztahu [1]:

$$h_i = f_z \cdot \sin \varphi_i \cdot \sin \kappa_r [\text{mm}], \quad (1.8)$$

Jmenovitá šířka třísky b_i je pro libovolné φ_i konstantní a vypočítá se podle vztahu:

$$b = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} [\text{mm}]. \quad (1.9)$$

Jmenovitý průřez třísky A_{Di} pro $\kappa_r = 90^\circ$:

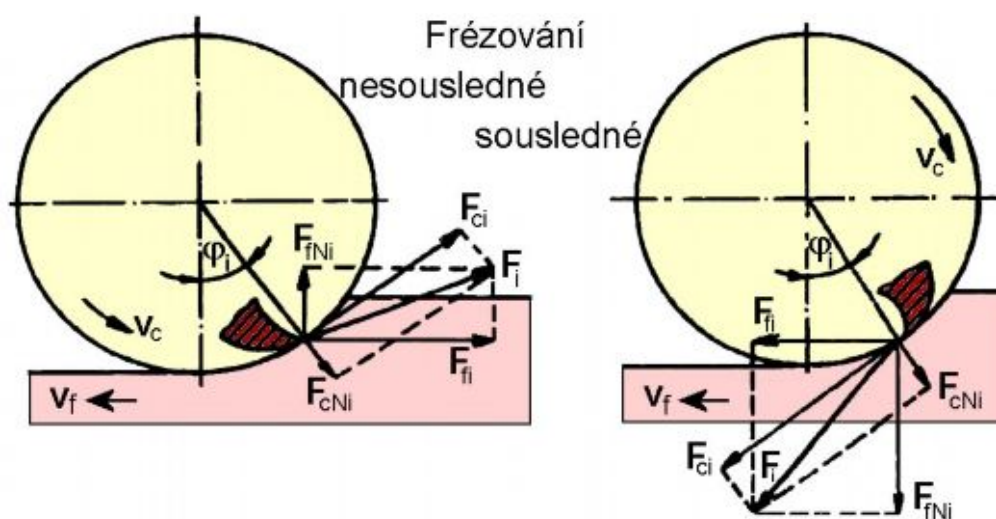
$$A_{Di} = b \cdot h_i = a_p \cdot f_z \cdot \sin \varphi_i [\text{mm}^2]. \quad (1.10)$$

Maximální velikost jmenovitého průřezu třísky je při $\varphi_i = 90^\circ$, takže:

$$A_{D\max} = a_p \cdot f_z [\text{mm}^2]. \quad (1.11)$$

1.5 Řezné síly

Při specifikaci řezných sil při frézování se vychází ze silových poměrů na jednom břitu, který je v poloze určené úhlem φ_i . Pro válcové frézování nástrojem s přímými zuby se celková řezná síla působící na břit F_i rozkládá na složky F_{ci} a F_{cNi} , resp. na složky F_{fi} a F_{fNi} (obr.1.6) [1].



Obr. 1.6 Řezné síly [1]

kde: F_i - celková řezná síla, F_{ci} - řezná síla, F_{cNi} - kolmá řezná síla,
 F_{fi} - posuvová síla, F_{fNi} - kolmá posuvová síla.

Řezná síla F_{ci} se vyjádří na základě měrné řezné síly k_{ci} a průřezu třísky A_{Di} :

$$F_{ci} = k_{ci} \cdot A_{Di} = k_{ci} \cdot a_p \cdot f_z \cdot \sin \varphi_i [\text{N}]. \quad (1.12)$$

Měrná řezná síla k_{ci} se vyjádří pomocí vztahu:

$$k_{ci} = \frac{C_{Fc}}{h_i^{1-x}} = \frac{C_{Fc}}{(f_z \cdot \sin \varphi_i)^{1-x}} [\text{MPa}], \quad (1.13)$$

kde: $C_{Fc} [-]$ je konstanta vyjadřující vliv obráběného materiálu,

$x [-]$ je exponent vlivu tloušťky třísky.

Po dosazení vztahu (1.13) do (1.12) a úpravě bude:

$$F_{ci} = C_{Fc} \cdot a_p \cdot f_z^x \cdot \sin^x \varphi_i [\text{N}] \quad (1.14)$$

Při čelním frézování se řezná síla F_{ci} vyjádří obdobným postupem:

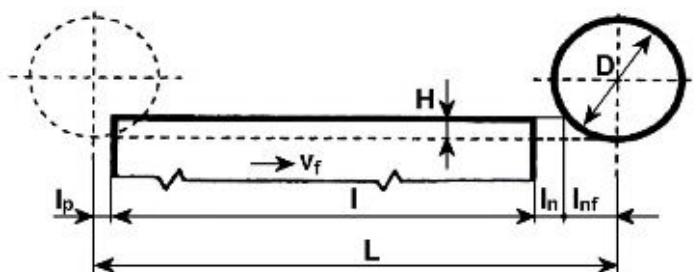
$$F_{ci} = k_{ci} \cdot A_{Di} = k_{ci} \cdot a_p \cdot f_z \cdot \sin \varphi_i [\text{N}], \quad (1.15)$$

$$k_{ci} = \frac{C_{Fc}}{h_i^{1-x}} = \frac{C_{Fc}}{(f_z \cdot \sin \kappa_r \cdot \sin \varphi_i)^{1-x}} [\text{MPa}], \quad (1.16)$$

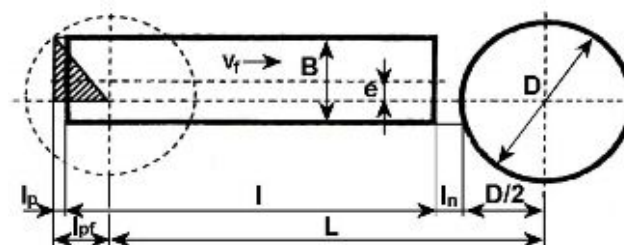
$$F_{ci} = C_{Fc} \cdot a_p \cdot f_z^x \cdot \sin^{x-1} \kappa_r \cdot \sin^x \varphi_i [\text{N}]. \quad (1.17)$$

1.6 Strojní čas

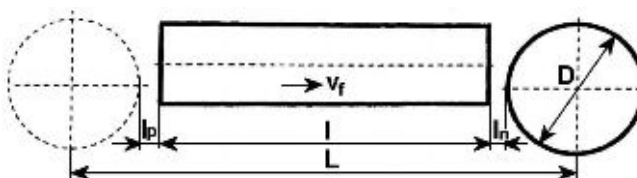
Hodnoty jednotkového strojního času pro základní případy frézování se vyjádří na základě poměrů naznačených na obrázcích č.1.7 až č.1.9.



Obr. 1.7 Dráhy frézy pro válcové frézování [1]



Obr. 1.8 Dráhy frézy pro hrubé čelní frézování asymetrické [1]



Obr. 1.9 Dráhy frézy pro čelní frézování načisto asymetrické [1]

Jednotkový strojní čas je obecně vyjádřen vztahem:

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} [\text{min}], \quad (1.18)$$

kde: L [mm] je dráha nástroje ve směru posuvového pohybu,

v_f [mm · min⁻¹] je posunová rychlost.

Hodnota L pro válcové frézování (obr. 1.7) se vyjádří pomocí vztahu:

$$L = l + l_n + l_p + l_{nf} [\text{mm}], \quad (1.19)$$

$$\text{kde: } l_{nf} = \sqrt{H \cdot (D - H)} [\text{mm}]. \quad (1.20)$$

Hodnota L pro čelní hrubé frézování asymetrické (obr. 1.8) se vyjádří pomocí vztahu:

$$L = l + l_n + l_p + \frac{D}{2} - l_{pf} [\text{mm}], \quad (1.21)$$

$$\text{kde: } l_{pf} = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{B}{2} + e\right)^2} [\text{mm}]. \quad (1.22)$$

Hodnota L pro čelní frézování načisto asymetrické (obr. 1.9) se vyjádří pomocí vztahu:

$$L = l + l_n + l_p + D [\text{mm}]. \quad (1.23)$$

Při hrubém čelním frézování symetrickém je ve vztahu (1.22) $e=0$.

1.7 Základní dělení frézovacích nástrojů

Frézou se rozumí vícebřítý nástroj s břity uspořádanými na válcové, kuželové nebo jiné tvarové ploše. Můžeme je rozdělit do jednotlivých skupin podle těchto hledisek:

Podle umístění zubů: válcové (mají zuby na obvodu), čelní (mají zuby na čele nástroje), válcové čelní (mají zuby na obvodě i čele nástroje) [1].

Podle způsobu výroby: s frézovanými zuby, s podsoustružovanými nebo podbrušovanými zuby.

Podle počtu dílů: celistvé (monolitní), dělené, s vkládanými zuby (přivažené, připájené), s vyměnitelnými břitovými destičkami.

Podle způsobu upnutí: nástrčné, s válcovou nebo kuželovou stopkou, výměnné hlavičky pro modulární systém [2].

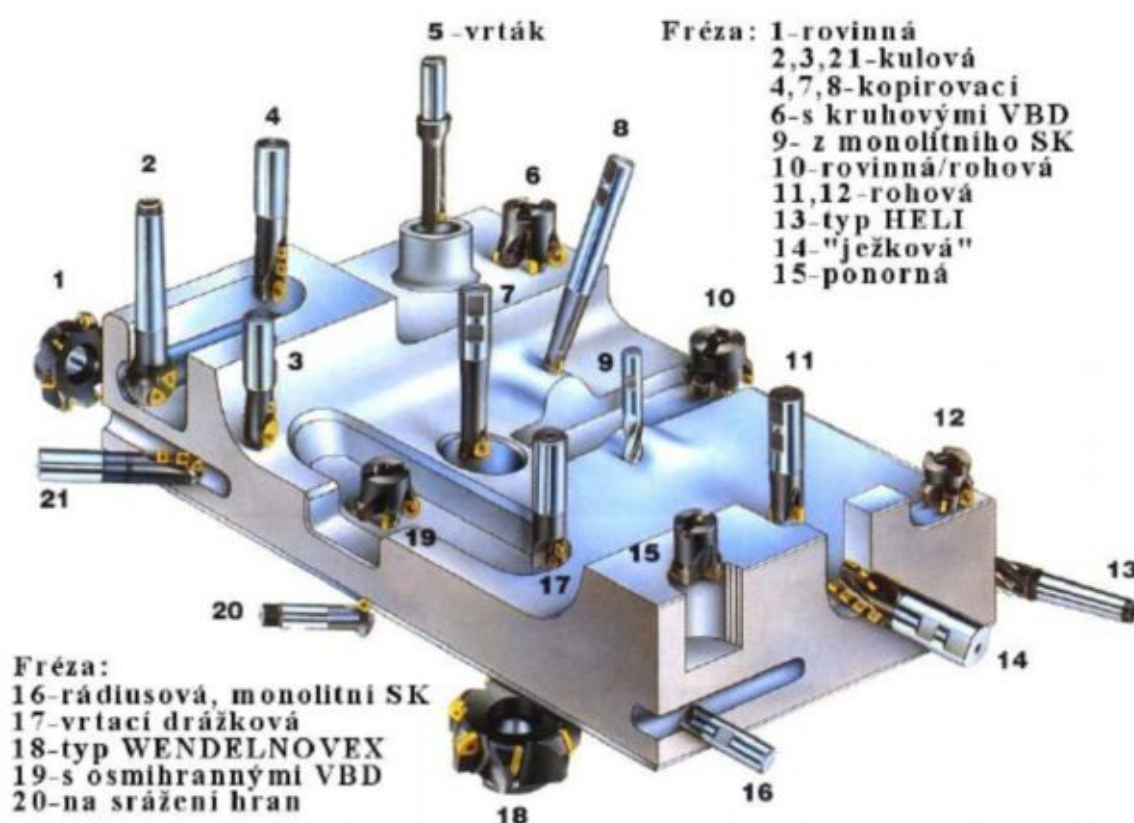
Podle nástrojového materiálu: z rychlořezných ocelí, slinutých karbidů, fernetů, řezné keramiky, KNB a PKD.

Podle geometrického tvaru funkční části: válcové, kotoučové, úhlové, drážkovací, kopírovací, rádiusové, na výrobu ozubení atd. [11].

Podle průběhu ostří zubů: s přímými zuby, se zuby do šroubovice [2].

Podle smyslu otáčení: při pohledu od vřetena stroje se frézy dělí na pravořezné (otáčí se po směru hodinových ručiček) a levořezné [1].

Podle počtu zubů vzhledem k průměru frézy: jemnozubé, polohrubozubé a hrubozubé. Pro klidný chod frézy by měly řezat vždy nejméně dva zuby [1].

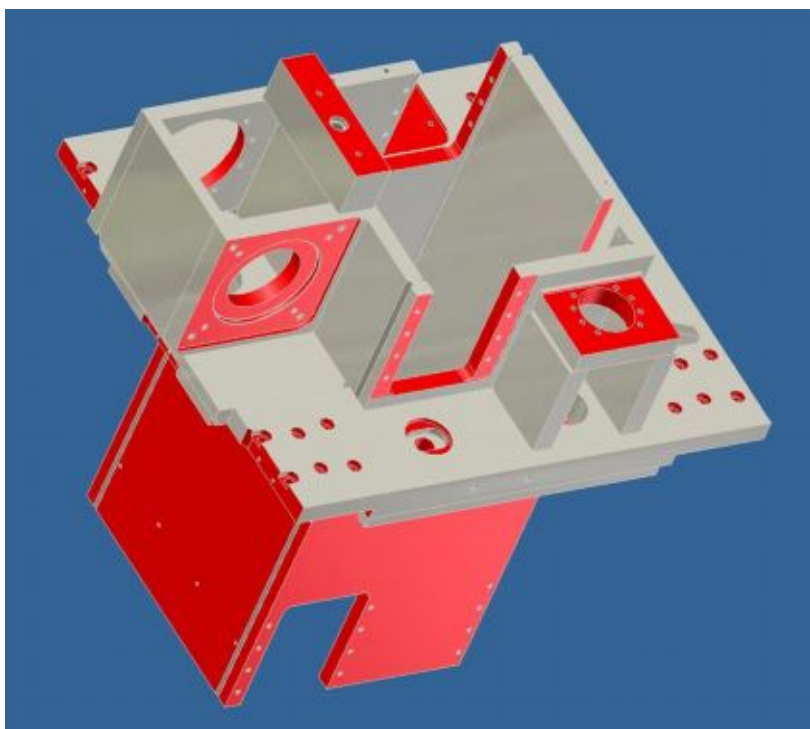


Obr. 1.10 Vybrané frézovací nástroje [1]

2. Rozbor stávající technologie výroby součástí

2.1 Výrobní výkres

Výrobní výkres části vřetenové jednotky (konzole) je v příloze č.1.



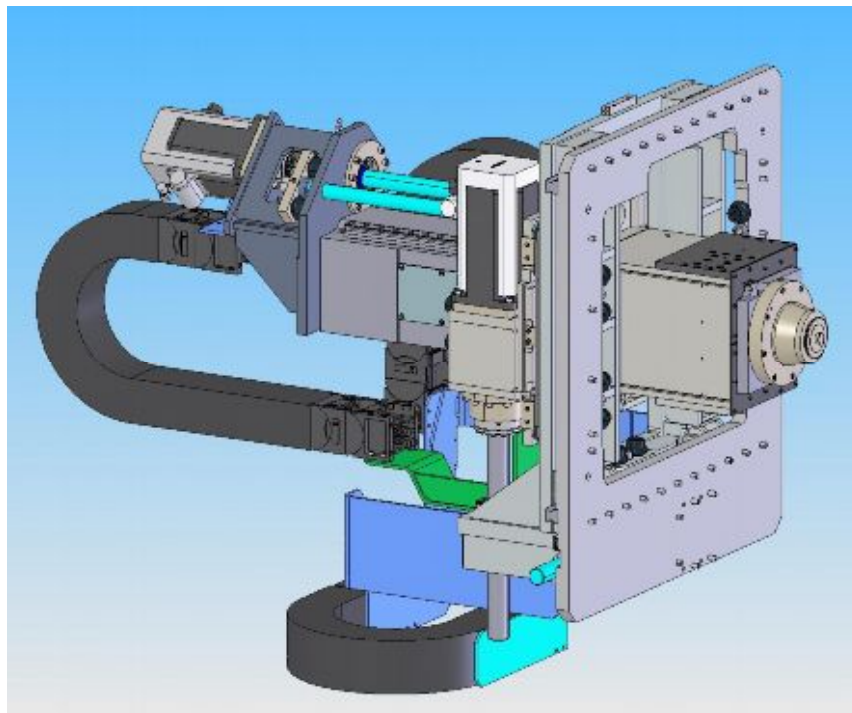
Obr. 2.1. Konzola y- Slide

2.2 Popis součástí

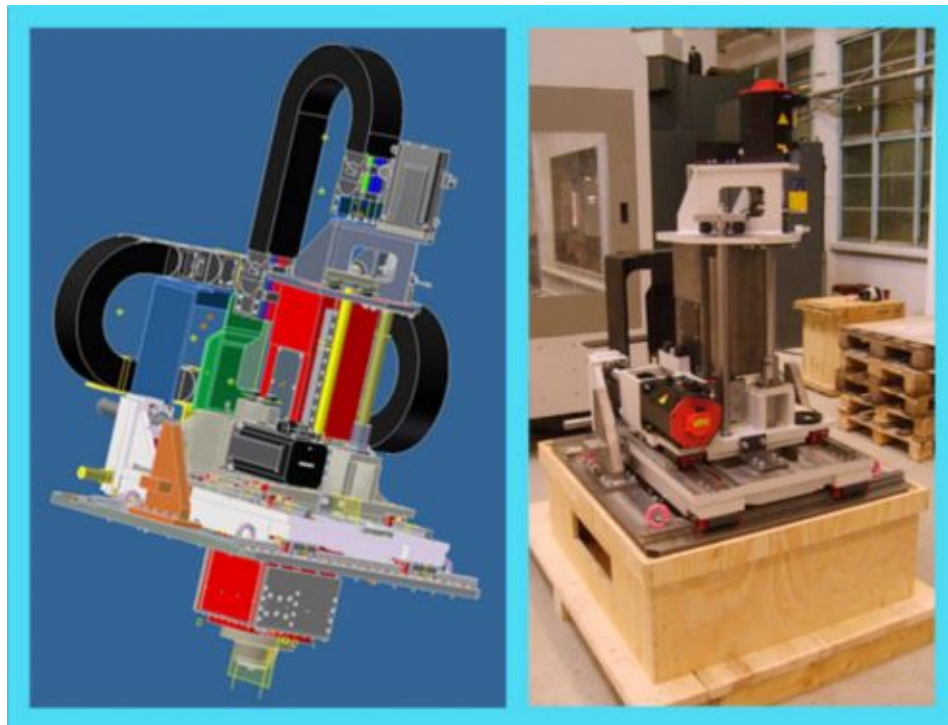
Jedná se o část vřetenové jednotky vícevřetenového obráběcího stroje. Součást slouží jako nosná konzola, ve které je uložen (vertikální nebo horizontální) posuv vřetene. Dále slouží pro uchycení jednoho ze servomotorů pro pohyb ve vodorovném nebo horizontálním směru - záleží na umístění vřetenové jednotky na stroji. Na níže uvedených obrázcích je možné vidět funkci konzole v rámci vřetenové jednotky.

Tyto vřetenové jednotky jsou použity ve stroji MC6 - 250 (obr.2.6) firmy G+S Engineering GmbH. Ve stroji může být zakomponováno 6 až 8 těchto vřetenových jednotek, z toho čtyři horizontální a čtyři vertikální. Mezi typové

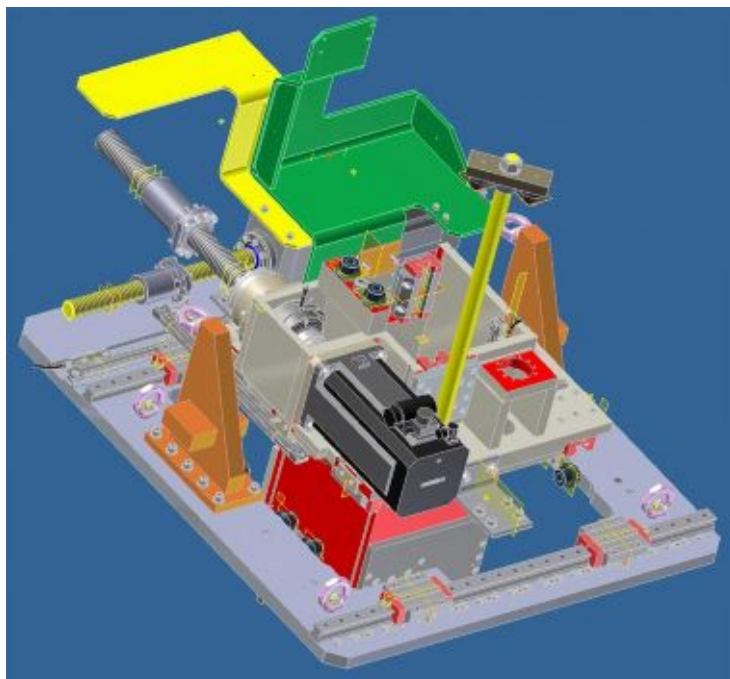
výrobky obráběné na tomto stroji patří brzdové válce automobilů, ojnice pro motory, ventily ABS systému, atd.



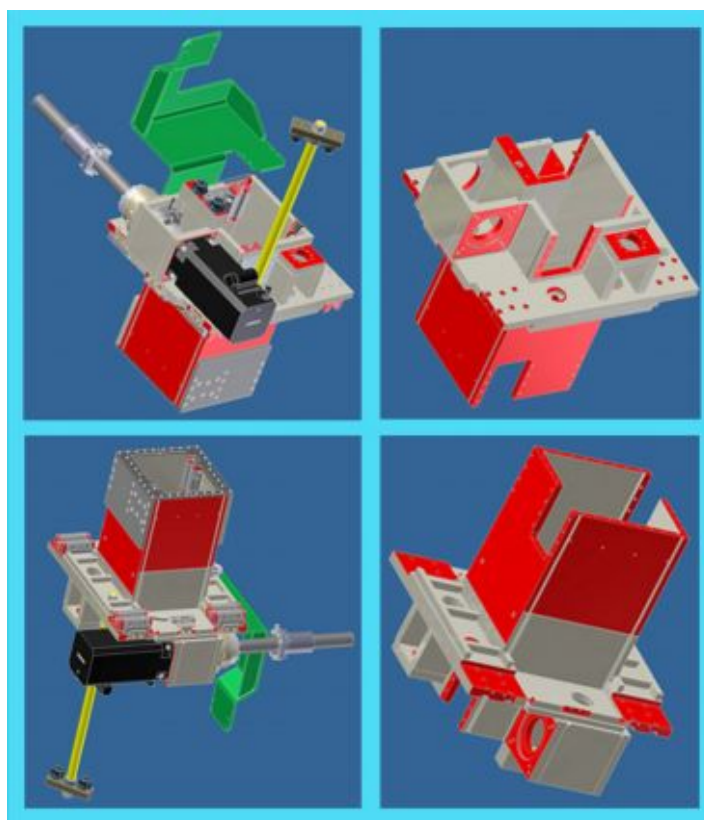
Obr. 2.2 Vřetenová jednotka



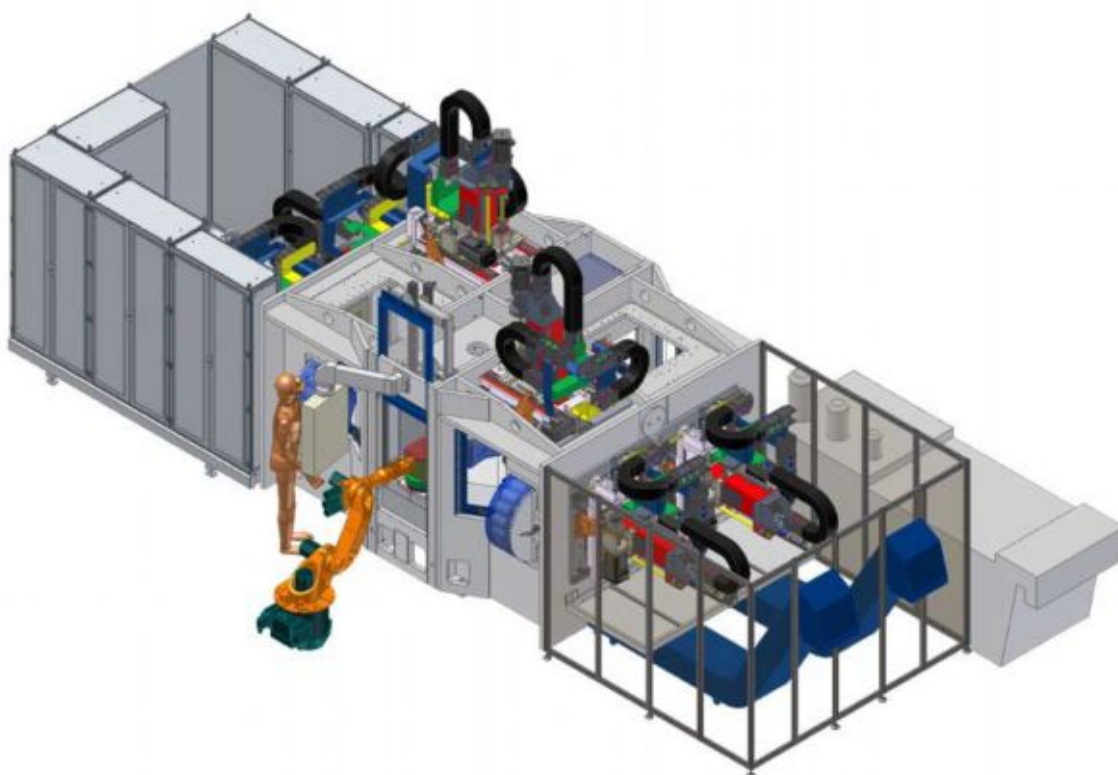
Obr. 2.3 Vřetenová jednotka



Obr. 2.4 Část sestavy vřetenové jednotky



Obr. 2.5 Jednotlivé pohledy na část vřetenové jednotky

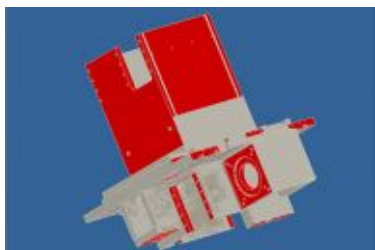


Obr. 2.6 Obráběcí stroj MC6 – 250 [14]

2.3 Technologický postup stávající výroby

Stávající technologický postup byl přepsán a upraven pro potřeby této práce, originál je v příloze č.2

U klasických technologií firma nestanovuje volbu řezných podmínek a volbu nástrojů. Technologický postup neobsahuje přesné rozepsání na operace. Vše volí kvalifikovaný pracovník. V následujících tabulkách jsou znázorněny veškeré technologické operace, které prodělá jak sestava svařence, tak samotné díly sestavy. Dále jsou doplněny o potřebné informace nutné pro technicko - ekonomické zhodnocení. Přípravné časy jsou voleny s ohledem na šesti kusovou dávku.



Obr. 2.7 Svařenec

TECHNOLOGICKÝ POSTUP - stávající

Číslo dílu	Materiál	Název	Polotovar	Datum
MC 002 109 a	EN10277-2-E355+C	y - Schlitten	Svařenec	17.2.2009

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	t _{BC}	t _{AC}
	Frézování	Vyvrtačka vodorovná	350 min	1980min
1	Upnutí č.1			
1.1	Upne na kostky k dorazům, vyrovná			
1.2	Frézuje spodní nulové plochy "A", úběr 1,5mm od surové plochy, míra 97mm hotově, dodržet výchozí míru 40mm			
2	Upnutí č.2			
2.1	Přepne na opracovanou plochu frézuje levou nulovou plochu, úběr 1,5mm od surové plochy, dodržet míru 140mm od výchozí plochy míra 40mm			
3	Upnutí č.3			

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	t _{BC}	t _{AC}
3.1	Přepne zpět na plochu "A" vyrovná dle opracované plochy, frézuje spodní nulové plochy míra 17mm na 16,5mm od výchozí plochy míra 40mm, míru 230mm hotově, levou plochu míra 47+/-0,1mm na 47mm, na obou plochách zůstane příd. 0,5mm/, druhé čelo míra 395-0,5mm 395mm hotově /plochy "B" a "C"/			
3.2	Zafrézuje ubrání míra 100+/-0,2mm na 99,5+/-0,2mm ku míře 120mm, hl=40mm - 2x			
3.3	Zafrézuje ubrání míra 115+/-0,1mm na 114,5+/-0,1mm ku míře 118/80mm, hl=7+0,5mm od plochy "C"			
3.4	Frézuje horní čelo míry 452+/-0,2mm na 451,5+/-0,2mm hotově od plochy "C"			
3.5	Najede osy, navrtá, vrtá $\varnothing 24+0,1$ mm hotově			
3.6	Zahloubí $\varnothing 45$ mm, hl=4mm hotově			
3.7	Srazí hrany			
3.8	Navrtá, vrtá $\varnothing 11$ mm - 24x			
3.9	Srazí hrany			
3.10	Navrtá, vrtá $\varnothing 4,3$ mm pro M5 - 12x			
3.11	Srazí hrany			
4	Upnutí č.4			
4.1	Přepne o 90°dorazí na plochu "B", vyrovná, frézuje pravou plochu míry 306+/-0,1mm na 307mm, míru 140mm dodržet			
4.2	Frézuje drážku míra 35mm/73mm/R10 hotově			
4.3	Frézuje odlehčení míra 78mm/63mm/R10 ku míře 303+/-0,2mm +0,5mm hotově			

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	t _{BC}	t _{AC}
4.4	Najede osy, navrtá, vrtá Ø 16mm			
4.5	Srazí hrany			
4.6	Navrtá, vrtá, řeže závit M8 - 6x			
4.7	Srazí hrany			
4.8	Navrtá, vrtá, řeže závit M6 - 4x			
4.9	Srazí hrany			
4.10	Navrtá, vrtá Ø 4,3mm pro M5 - 4x			
4.11	Srazí hrany			
5	Upnutí č.5			
5.1	Přepne o 90° nebo otočí stůl, vyrovná, frézuje pravé čelo míra 263mm na 263,5mm hotově			
5.2	Hrubuje horní dosedací plochu míra 174+/-0,2mm na 175mm, míru 322mm hotově			
5.3	Hrubuje drážku 30H7mm/50mm na 29x50mm, dno míra 22+0,5mm pro WKV, zahloubení Ø 55mm hotově			
5.4	Srazí hrany			
5.5	Zafrézuje dosedací plochu míra 240mm a 17mm, hl=4mm hotově			
5.6	Najede osy, zahloubí Ø 11mm na Ø 18mm - 20x, profrézuje 4x			
5.7	Srazí hrany			
5.8	Hrubuje, dokončí Ø 65mm			
5.9	Srazí hrany			
5.10	Navrtá, vrtá, zahloubí M20/Ø 22mm			
5.11	Srazí hrany			
5.12	Navrtá, vrtá, řeže závit M8 - 20x			

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	t _{BC}	t _{AC}
5.13	Srazí hrany			
5.14	Navrtá, vrtá Ø 3,2mm pro M4 -2x			
5.15	Srazí hrany			
6	Upnutí č.6			
6.1	Přepne o 90°, najede osy			
6.2	Navrtá, vrtá, řeže závit M6 -8x			
6.3	Srazí hrany			
6.4	Navrtá, vrtá Ø 4,3mm pro M5 - 2x			
6.5	Srazí hrany			
7	Upnutí č.7			
7.1	Přepne o 90° na kostky, dorazí na plochu A", vyrovná			
7.2	Frézuje horní plochu míry 316+/-0,1mm na 317mm, míru 97mm hotově, dodržet výchozí míru 40mm, levá plocha je odlehčení míra 155mm			
7.3	Frézuje tvar drážky 113mm hotově - 2x			
7.4	Frézuje tvar odlehčení míra 196+/-0,2mm hotově, na dně před. +0,5mm pro WKV			
7.5	Najede osy, hrubuje, dokončí otvor Ø 90mm			
7.6	Zahloubení Ø 130H7mm na Ø128mm, dno hl=6mm na 6,3mm			
7.7	Srazí hrany			
7.8	Navrtá, vrtá, řeže závit M12 - 6x			
7.9	Srazí hrany			
7.10	Navrtá, vrtá, řeže závit M10 - 4x			

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	t _{BC}	t _{AC}
7.11	Srazí hrany			
7.12	Navrtá, vrtá, řeže závit M8 – 20x			
7.13	Srazí hrany			
7.14	Navrtá, vrtá, řeže závit M16 – 2x			
7.15	Srazí hrany			
8	Upnutí č.8			
8.1	Přepne o 180°, vyrovná			
8.2	Frézuje tvar drážky 103mm hotově, míra 230+/-0,02mm na 231mm - 2x			
8.3	Srazí hranu 1x45°hotově – 2x			
8.4	Najede osy, hrubuje otvor Ø 136H7mm na Ø 135mm			
8.5	Srazí hrany			
8.6	Navrtá, vrtá, řeže závit M12 – 2x			
8.7	Srazí hrany			
8.8	Navrtá, vrtá, řeže závit M10 – 8x			
8.9	Srazí hrany			
8.10	Navrtá, vrtá, řeže závit M8 – 20x			
8.11	Srazí hrany			
8.12	Navrtá, vrtá, řeže závit M16 – 2x			
8.13	Srazí hrany			
9	Nástrojař		40 min	250 min
9.1	Ojehlí, upraví, řeže závity M4 a M5, pročistí ostatní závity a otvory, označí			
9.2	Řeže závity M4 a M5			

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	t _{BC}	t _{AC}
	Frézování	Vyvrtačka souřadnicová	250min	680 min
10	Upnutí č.1			
10.1	Upne na kostky k dorázům, vyrovná			
10.2	Dokončí spodní nulové plochy "A", úběr 0,5mm			
11	Upnutí č.2			
11.1	Přepne zpět na plochu "A"			
11.2	Dokončí dosedací plochy "C" míra 452+/-0,2mm - 4x			
11.3	Dokončí boky míra 47+/-0,1mm hotově - 2x			
11.4	Kontrolně prečistí ubraní míra 100+/-0,2mm -2x			
11.5	Dokončí ubraní míra 115+/-0,1mm			
12	Upnutí č.3			
12.1	Přepne o 90°, dorazí na plochu "B", vyrovná			
12.2	Dokončí pravou plochu míry 306+/-0,1mm			
13	Upnutí č.4			
13.1	Přepne o 90°			
13.2	Dokončí horní dosedací plochu míra 174+/-0,2mm			
13.3	Dokončí drážku 30H7mm/50mm, dno míra 22mm			
13.4	Srazí hrany			

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	t _{BC}	t _{AC}
14	Frézování	Vyvrtačka souřadnicová – horní vřeteno		
14.1	Dokončí obě horní plochy míry 316+/- 0,1mm			
14.2	Dokončí čelo odlehčení míra 196+/- 0,2mm			
14.3	Najede osy, Dokončí zahloubení Ø 130H7mm, přečistí dno			
15	Upnutí č.5			
15.1	Přepne o 180°			
15.2	Dokončí levé čelo vybrání míra 230+/- 0,02mm -2x / drážka 103mm			
15.3	Najede osy, dokončí otvor Ø136H7mm			
15.4	Srazí hrany			
16	Nástrojař		30 min	30 min
16.1	Upraví po WKV, připraví na montáž			
Celkem			670 min	2940 min

Tabulka č.2.1 Vypálené polotovary



Obr. 2.8 Plazma [8]

**Tabulka vypálených polotovarů pro
sestavu svařence y – Schlitten
(MC.002.108a), (kooperace)**

Rozpiska jednotlivých dílů sestavy svařence

Č.	Kusů	Č. výkresu	Materiál	Název	Hmotnost [Kg]	ΣHmotností [Kg]
1	2	MC.002.108-001	EN10277- 2- E355+C	Platte	28,79	57,58
5	1	MC.002.108-005	EN10277- 2- E355+C	Platte	24,7	24,7
6	1	MC.002.108-006	EN10277- 2- E355+C	Platte	7,64	7,64
8	1	MC.002.108-008	EN10277- 2- E355+C	Rib	3,24	3,24
10	1	MC.002.108-010	EN10277- 2- E355+C	Platte	5	5
12	1	MC.002.108-012	EN10277- 2- E355+C	Platte	4,83	4,83
17	1	MC.002.108-017	EN10277- 2- E355+C	Platte	27,62	27,62
18	1	MC.002.108-018	EN10277- 2- E355+C	Platte	32,73	32,73
19	1	MC.002.108-019	EN10277- 2- E355+C	Platte	24,15	24,15
Celkem						187,5

Tabulka č.2.2 Nařezané polotovary



Obr. 2.9 Řezání [6]

Tabulka nařezaných polotovarů pro sestavu svařence y – Schlitten (MC.002.108a), (kooperace)

Rozpiska jednotlivých dílů sestavy svařence

Č.	Kusů	Č. výkresu	Materiál	Název	Hmotnost [Kg]	ΣHmotností [Kg]
2	1	MC.002.108-002	EN10277- 2- E355+C	Platte	2,62	2,62
3	2	MC.002.108-003	EN10277- 2- E355+C	Ridge	0,08	0,16
4	2	MC.002.108-004	EN10277- 2- E355+C	Ridge	0,09	0,18
7	2	MC.002.108-007	EN10277- 2- E355+C	Ridge	0,9	1,8
9	7	MC.002.108-009	EN10277- 2- E355+C	Ridge	0,22	1,54
11	1	MC.002.108-011	EN10277- 2- E355+C	Ridge	0,83	0,83
13	2	MC.002.108-013	EN10277- 2- E355+C	Rib	2,33	4,66
14	1	MC.002.108-014	EN10277- 2- E355+C	Block	4,02	4,02
15	1	MC.002.108-015	EN10277- 2- E355+C	Ridge	0,62	0,62
16	2	MC.002.108-016	EN10277- 2- E355+C	Rib	0,55	1,1
Celkem						17,53

Tabulka č.2.3 Opískované polotovary



Obr. 2.10 Opískování [7]

**Tabulka opískovávaných dílů sestavy
svařence y – Schlitten (MC.002.108a),
(kooperace)**

Rozpiska jednotlivých dílů sestavy svařence

Č.	Kusů	Č. výkresu	Materiál	Název	Hmotnost [Kg]	ΣHmotností [Kg]
1	2	MC.002.108-001	EN10277- 2- E355+C	Platte	28,79	57,58
5	1	MC.002.108-005	EN10277- 2- E355+C	Platte	24,7	24,7
6	1	MC.002.108-006	EN10277- 2- E355+C	Platte	7,64	7,64
8	1	MC.002.108-008	EN10277- 2- E355+C	Rib	3,24	3,24
10	1	MC.002.108-010	EN10277- 2- E355+C	Platte	5	5
12	1	MC.002.108-012	EN10277- 2- E355+C	Platte	4,83	4,83
17	1	MC.002.108-017	EN10277- 2- E355+C	Platte	27,62	27,62
18	1	MC.002.108-018	EN10277- 2- E355+C	Platte	32,73	32,73
19	1	MC.002.108-019	EN10277- 2- E355+C	Platte	24,15	24,15
Celkem						187,5

ΣHmotností je brána s ohledem na počet kusů dílu

Tabulka č.2.4 Obráběné polotovary



Obr. 2.11 Polotovár

Tabulka obráběných dílů sestavy svařence y – Schlitten (MC.002.108a)

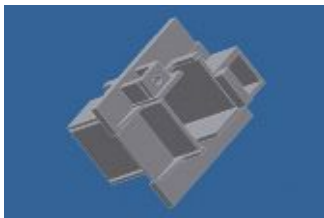
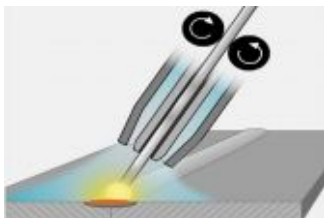



Rozpiska jednotlivých dílů sestavy svařence

Č.	Kusů	Č. výkresu	Materiál	Název	Σt_{BC} [min]	Σt_{AC} [min]
1	2	MC.002.108-001	EN10277- 2- E355+C	Platte	68	310
2	1	MC.002.108-002	EN10277- 2- E355+C	Platte	30	40
3	2	MC.002.108-003	EN10277- 2- E355+C	Ridge	13	12
4	2	MC.002.108-004	EN10277- 2- E355+C	Ridge	13	12
5	1	MC.002.108-005	EN10277- 2- E355+C	Platte	48	200
6	1	MC.002.108-006	EN10277- 2- E355+C	Platte	33	48
7	2	MC.002.108-007	EN10277- 2- E355+C	Ridge	13	32
8	1	MC.002.108-008	EN10277- 2- E355+C	Rib	33	38
9	7	MC.002.108-009	EN10277- 2- E355+C	Ridge	13	63
10	1	MC.002.108-010	EN10277- 2- E355+C	Platte	48	50
11	1	MC.002.108-011	EN10277- 2- E355+C	Ridge	13	9
12	1	MC.002.108-012	EN10277- 2- E355+C	Platte	48	50
13	2	MC.002.108-013	EN10277- 2- E355+C	Rib	20	50
14	1	MC.002.108-014	EN10277- 2- E355+C	Block	20	25
15	1	MC.002.108-015	EN10277- 2- E355+C	Ridge	13	9
16	2	MC.002.108-016	EN10277- 2- E355+C	Rib	5	10
17	1	MC.002.108-017	EN10277- 2- E355+C	Platte	68	155
18	1	MC.002.108-018	EN10277- 2- E355+C	Platte	68	235
19	1	MC.002.108-019	EN10277- 2- E355+C	Platte	48	160
Celkem					615	1508

Σt_{BC} je čas přípravný bráný s ohledem na šestikusovou dávku

Σt_{AC} je čas kusový bráný s ohledem na šestikusovou dávku

Tabulka č.2.5 Svařování a následné operace

	Tabulka – svařování a následné technologické operace			
<p>Obr. 2.12 Svařenec</p>				
	Operace	t_{BC}	t_{AC}	
<p>Obr. 2.13 Svařování [9]</p>	Svařování v CO ₂ v kooperaci	60 min	550 min	
	Operace	Hmotnost svařence		
<p>Obr. 2.14 Žihání</p>	Žihání sestavy svařence, prováděné v kooperaci	205 Kg		
	Operace	Hmotnost svařence		
<p>Obr. 2.15 Opískování [7]</p>	Opískování sestavy svařence, prováděné v kooperaci	205 Kg		
	Operace	Stroj, nástroj	t_{BC}	t_{AC}
<p>Obr. 2.16 Oko</p>	Navrtá, vrtá, zahloubí M16/Ø50mm- 4x	Vyvrtávačka vodorovná	30 min	30 min

3. Návrh nové technologie

3.1 Návrh nové technologie

Návrh nové technologie spočívá v nahrazení svařované konzole odlitkem z tvárné litiny a převedením výroby na jediný moderní obráběcí stroj. Díky tomu, že použijeme jako výchozí polotovár odlitek, tak nám odpadá veškerá práce nutná pro přípravu součástí před svařováním (výroba jednotlivých součástí sestavy, úpravy svarových ploch, atd.) i následné svařování a ustavování daných dílů před ním samotným. Všechny tyto operace jsou rozebrány v tabulkách 2.1 až 2.5.

3.2 Popis materiálu odlitku

Navrhovaná součást bude odlita z tvárné litiny ČSN 42 2305, EN GJS 500- 7, DIN GIG 50, ISO 500- 7. Jedná se o feriticko – perlitickou tvárnou litinu. Mezi její přednosti patří: velmi dobré mechanické vlastnosti, dobrá opracovatelnost a ekonomická vhodnost, což vede k jejímu velkému rozšíření v průmyslu. Tato litina se používá pro odlitky s tloušťkou stěn 5 - 100 mm i více. Je vhodná pro součásti mechanicky i dynamicky namáhané, na vodící a kluzné lišty, tělesa armatur, na válečky rovnaček a podávací válečky, na převodové skříně.

Použitím odlitku se také vyhneme pnutí, která vznikají při svařování, a naproti tomu dosáhneme velmi dobrých tlumících vlastností tvárné litiny.

Mechanické vlastnosti materiálu

Hodnoty jsou brány pro teplotu 20°C [13], [11].

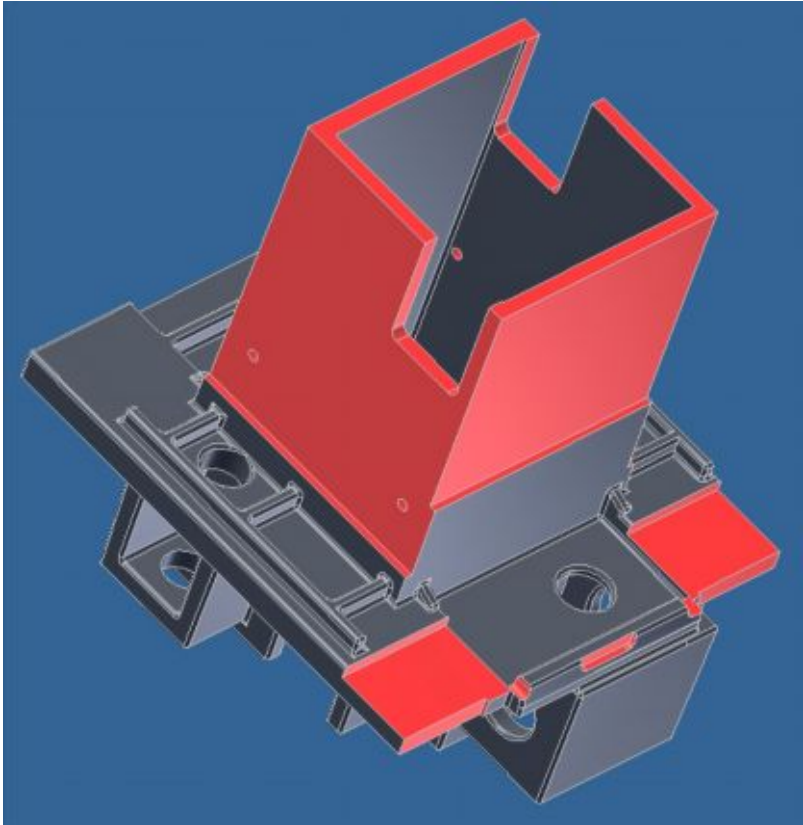
•	mez pevnosti	R _m :	500	MPa
•	mez kluzu	R _{p0,2} :	320	MPa
•	tažnost	A ₅ :	7	%
•	tvrdost	HB:	170 - 240	
•	modul pružnosti	E:	169	GPa
•	modul pružnosti ve smyku	G:	63,7 – 65,7	GPa

3.3 Navrhovaný technologický postup

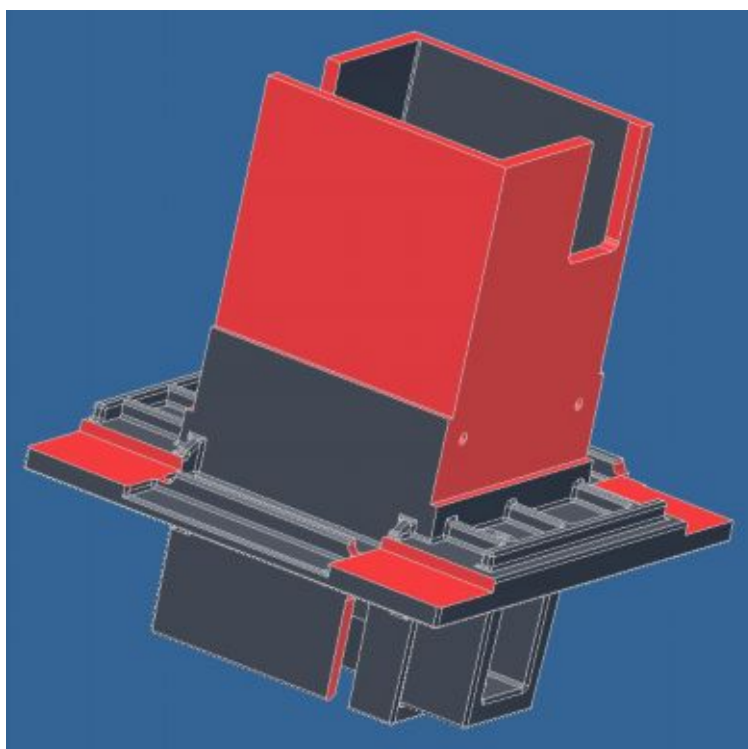
TECHNOLOGICKÝ POSTUP - navrhovaný				
Číslo dílu	Materiál	Název	Polotovár	Datum
MC 002 109 a	EN-GJS-500-7	y - Schlitten	Odlitek	2.2.2009

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t _{BC}	t _{AC}
	HRUBOVÁNÍ				
1	Frézování – pro upnutí	Obráběcí centrum ANAYAK VHPLUS 4000		520	1782
1.1	Upne na kostky k dorazům, vyrovná				
1.2	Frézuje dosedací plochy pro upnutí – spodní strana nulové plochy C, (4x) šířky 80mm	Frézovací hlava Ø 100mm s VBD	a _p =3mm v _c =150m/min f=0,2mm/z		
1.3	Zahloubí do jedné roviny pro lepší navrtání pro M16 (4x), plocha A, A'	Fréza válcová čelní Ø 36 HSS	a _p =3mm v _c =23m/min f=0,2mm/ot		
1.4	Navrtá M16 (4x) - skrz plochu A, A' (otvory pro manipulační oka)	Navrtávák Ø 20 HSS	v _c =30m/min f=0,05mm/ot		
1.5	Vrtá Ø 14 pro M16, skrz plochu A a A', (4x)	Vrták Ø 14	a _p =7mm v _c =18m/min f=0,16mm/ot		
1.6	Srazí hranu M16 (4x) - skrz plochu A, A'	Navrtávák Ø 20 HSS	v _c =40m/min f=0,05mm/ot		
1.7	Řeže závit M16 (4x), skrz plochu A, A'	Závtník M16 HSS	n=90ot/min		
	Upnutí č.2				

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
2	Frézování – hrubování	Obráběcí centrum ANAYAK VHPLUS 4000			
	Upne na zhotovené upínací plochy, vyrovná				
2.2	Hrubuje pravou nulovou plochu A s přídávkem 2mm	Frézovací hlava \varnothing 160mm s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=140\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
2.3	Hrubuje horní čelo míry $452 \pm 0,2\text{mm}$ s přídávkem 2mm	Frézovací hlava \varnothing 160mm s VBD	$a_p=2,5\text{mm}$ $v_c=140\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
2.4	Hrubuje levou nulovou plochu A's přídávkem 2mm	Frézovací hlava \varnothing 160mm s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=140\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
2.5	Hrubuje levou plochu míry $306 \pm 0,1\text{mm}$ s přídávkem 2mm	Frézovací hlava \varnothing 160mm s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=140\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
2.6	Hrubuje drážku 103mm/155mm (2x), míra míra $230 \pm 0,2\text{mm}$ s přídávkem 2mm	Frézovací hlava \varnothing 63 s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=150\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
2.7	Hrubuje vybrání míra $115 \pm 0,1\text{mm}$ k míře 118mm/80mm hloubka 17mm a to s přídávkem 2mm	Frézovací hlava \varnothing 63 s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=150\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
2.8	Hrubuje rádius R10 v drážkách míra 103mm/155mm (2x), s přídávkem 2mm	Fréza válcová do rohu \varnothing 20mm s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=160\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
2.9	Frézuje pomocnou plochu pro další upnutí rovnoběžně s levou plochou A', míra 550mm, použije jako doraz pro další upnutí	Frézovací hlava \varnothing 80mm s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=140\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
2.10	Hrubuje ubrání míra $100 \pm 0,2\text{mm}$ k míře 120mm kolmo na plochu C (2x) s přídávkem 2mm – použije jak doraz pro další upnutí	Frézovací hlava \varnothing 80mm s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=140\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t _{BC}	t _{AC}
2.11	Hrubuje vybrání míra $47 \pm 0,1\text{mm}$ plocha B /230mm hloubka 15mm, na nulové ploše C (2x) s přídavkem 2mm	Hrubovací válcová fréza $\varnothing 63\text{mm}$ s břity ve šroubovici s VBD	$a_p=30\text{mm}$ $v_c=140\text{m/min}$ $f=0,15\text{mm/z}$		
					
Obr. 3.1 Vyhrubovaný odlitek po upnutí č.2					
	Upnutí č.3				
3	Frézování – hrubování	Obráběcí centrum ANAYAK VHPLUS 4000			
3.1	Otočí o 180°, upne, vyrovná				
3.2	Hrubuje pravou plochu míry $306 \pm 0,1\text{mm}$ s přídavkem 2mm	Frézovací hlava $\varnothing 160\text{mm}$ s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=140\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
3.3	Hrubuje vybrání míra 395 – 0,5mm /230mm hloubka 15mm, na nulové ploše C (2x) s přídavkem 2mm	Hrubovací válcová fréza \varnothing 63mm s břity ve šroubovici s VBD	$a_p=30\text{mm}$ $v_c=140\text{m/min}$ $f=0,15\text{mm/z}$		
3.4	Hrubuje drážku 35mm/73mm s přídavkem 2mm	Fréza válcová \varnothing 25mm s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=160\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		

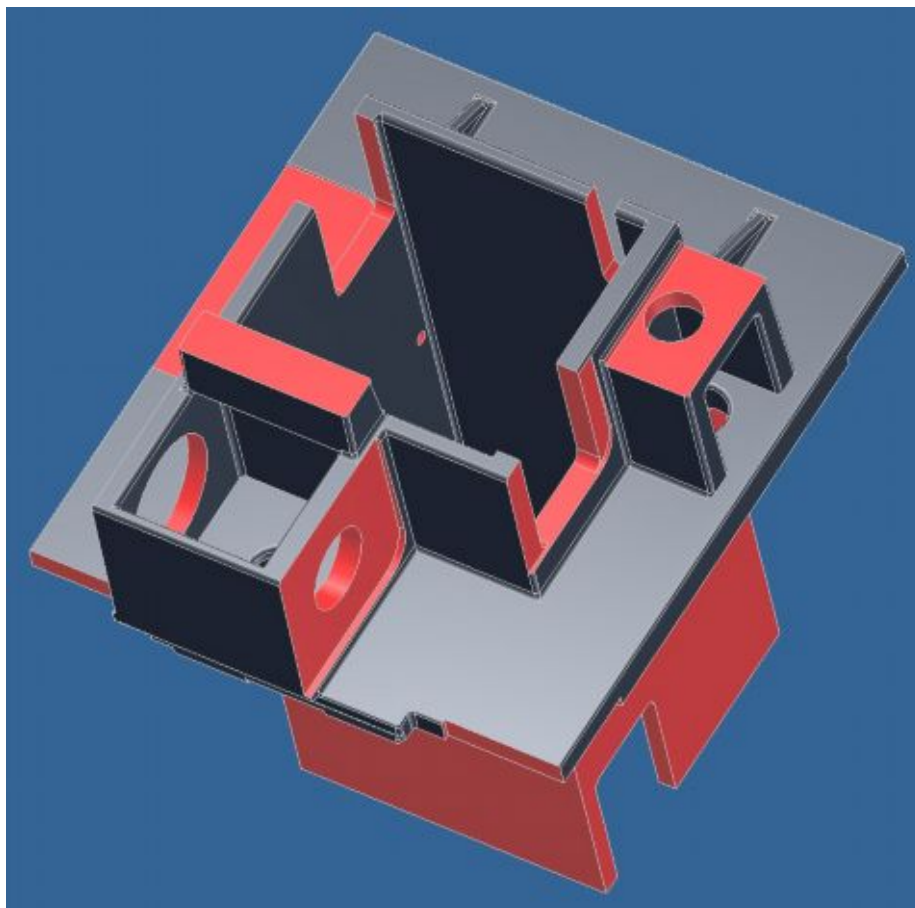


Obr. 3.2 Vyhrubovaný odlitek po upnutí č.3

	Upnutí č.4				
4	Frézování – hrubování	Obráběcí centrum ANAYAK VHPLUS 4000			
4.1	Otočí o 180°, upne, vyrovná				

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
4.2	Hrubuje plochu s otvorem \varnothing 90mm, míry 10mm a 31mm, s přídkem 2mm	Frézovací hlava \varnothing 63 s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=150\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
4.3	Hrubuje drážku 103mm/40mm, míra 20mm a to s přídkem 2mm	Frézovací hlava \varnothing 63 s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=150\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
4.4	Hrubuje odlehčení okolo drážky s přídkem 2mm, míry 155mm, 40mm	Frézovací hlava \varnothing 63 s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=150\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
4.6	Hrubuje otvor \varnothing 90mm na \varnothing 86mm, předlitý na \varnothing 80mm	Vyvrťovací tyč hrubovací \varnothing 86mm	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=50\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/ot}$		
4.7	Hrubuje plochu s \varnothing 65mm míry $174 \pm 0,2$ mm, 322mm s přídkem 2mm	Frézovací hlava \varnothing 63 s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=150\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
4.8	Hrubuje plochu s \varnothing 22, míra 263mm s přídkem 2mm	Frézovací hlava \varnothing 63 s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=150\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
4.9	Hrubuje otvor \varnothing 65 na \varnothing 61mm, předlitý na \varnothing 55mm	Vyvrťovací tyč hrubovací \varnothing 61mm	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=132\text{m/min}$ $f=0,013\text{mm/ot}$		
4.10	Hrubuje plochu s \varnothing 136H7mm přídkem 2mm	Frézovací hlava \varnothing 160mm s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=140\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
4.11	Hrubuje drážku 103mm/40mm, s přídkem 2mm	Frézovací hlava \varnothing 63 s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=150\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
4.12	Hrubuje vybrání 240mm/17mm, míra 68mm, s přídkem 2mm	Frézovací hlava \varnothing 63 s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=150\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
4.13	Hrubuje rádius R20 na předchozím vybrání, s přídkem 2mm	Stopková fréza do rohu \varnothing 40 s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=160\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
4.14	Hrubuje otvor \varnothing 136H7mm na \varnothing 132mm, předlitý na \varnothing 126mm	Vyvrťovací tyč hrubovací \varnothing 132mm	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=50\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/ot}$		

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
4.15	Hrubuje rádius R10 v drážkách míra 103mm/40mm (2x) a okolo drážky plocha A', s přídavkem 2mm	Fréza válcová do rohu $\varnothing 20$ s VBD	$a_p=3\text{mm}$ $v_c=160\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		



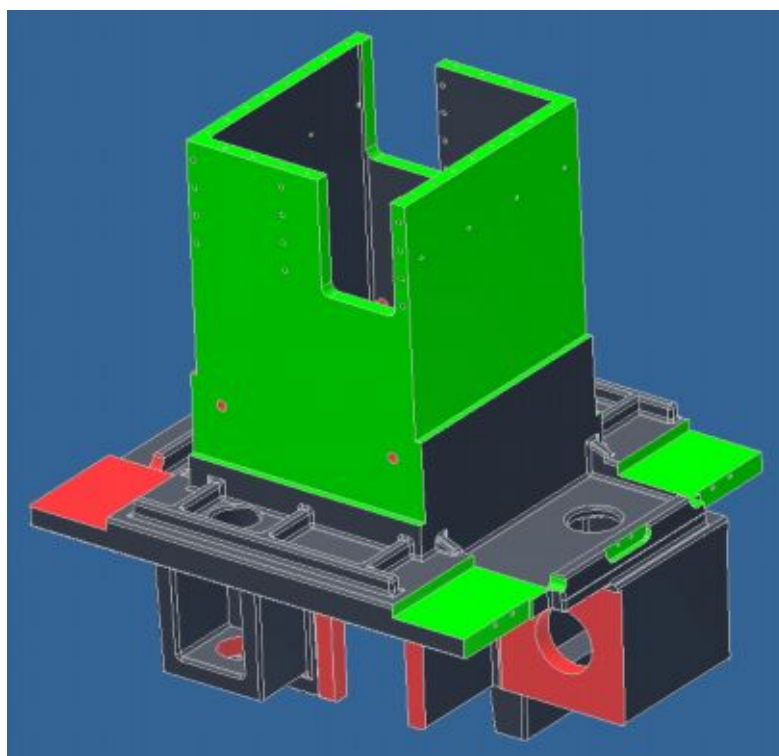
Obr. 3.3 Vyhrubovaný odlitek po upnutí č.4

	Žíhání	V kooperaci			
	Opískování	V kooperaci			

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
	DOKONČENÍ				
	Upnutí č.5				
5	Frézování – dokončení	Obráběcí centrum ANAYAK VHPLUS 4000			
5.1	Dokončí pravou nulovou plochu A, míra 140mm s přídkem 0,5mm	Frézovací hlava \varnothing 160mm s VBD	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=170\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/z}$		
5.2	Dokončí horní čelo míry $452 \pm 0,2 \text{ mm}$	Frézovací hlava \varnothing 160mm s VBD	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=170\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/z}$		
5.3	Dokončí levou nulovou plochu A', míra 140mm, hotově míra $316 \pm 0,1 \text{ mm}$, s přídkem 0,5mm	Frézovací hlava \varnothing 160mm s VBD	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=170\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/z}$		
5.4	Dokončí levou plochu míry $306 \pm 0,1 \text{ mm}$	Frézovací hlava \varnothing 160mm s VBD	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=170\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/z}$		
5.5	Dokončí drážku 103mm/155mm (2x), míra $230 \pm 0,02 \text{ mm}$, s přídkem 0,5mm	Fréza válcová do rohu \varnothing 20mm s VBD	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=190\text{m/min}$ $f=0,12\text{mm/z}$		
5.6	Dokončí vybrání na nulové ploše C (2x), míry 230mm, $47 \pm 0,1\text{mm}$ plocha B a $452 \pm 0,2 \text{ mm}$, s přídkem 0,5mm	Fréza válcová čelní \varnothing 63mm HSS	$a_p=30\text{mm}$ $v_c=30\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/z}$		
5.7	Dokončí ubrání míra $100 \pm 0,2 \text{ mm}$ k míře 120mm, kolmo na plochu C (2x)	Frézovací hlava \varnothing 80mm s VBD	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=170\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/z}$		
5.8	Dokončí vybrání míra $115 \pm 0,1 \text{ mm}$ k míře 118mm/80mm hloubka 17mm, s přídkem 0,5mm	Frézovací hlava \varnothing 63 s VBD	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=180\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/z}$		

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
5.9	Navrtá do hl=2,6mm a tím zároveň srazí hranu pro řezání závitu u: M5 (24x) – horní čelo M5 (2x) - ubrání míry - 80mm/ 115 ± 0,1mm	Navrtávák Ø 20 HSS	$v_c=30\text{m/min}$ $f=0,05\text{mm/ot}$		
5.10	Navrtá do hl=3,1mm a tím zároveň srazí hranu pro řezání závitu u: M6 (4x) – vybrání - 100 ± 0,2 mm /120mm M6 (4x) – levá plocha míry 306 ± 0,1 mm	Navrtávák Ø 20 HSS	$v_c=30\text{m/min}$ $f=0,05\text{mm/ot}$		
5.11	Navrtá: M8 (24x) - plocha A a plocha A' M12 (4x) - řez L-L	Navrtávák Ø 20 HSS	$v_c=30\text{m/min}$ $f=0,05\text{mm/ot}$		
5.12	Vrtá Ø 4,2 pro M5, hl=14,2mm (24x), horní čelo	Vrták Ø 4,2	$a_p=2,1\text{mm}$ $v_c=20\text{m/min}$ $f=0,05\text{mm/ot}$		
5.13	Vrtá Ø 4,2 pro M5, hl=12,2mm (2x), ubrání - míry 80mm/115 ± 0,1mm	Vrták Ø 4,2	$a_p=2,1\text{mm}$ $v_c=20\text{m/min}$ $f=0,05\text{mm/ot}$		
5.14	Vrtá Ø 5 pro M6, hl=15,1mm (4x)	Vrták Ø 5	$a_p=2,5\text{mm}$ $v_c=20\text{m/min}$ $f=0,06\text{mm/ot}$		
5.15	Vrtá Ø 5 pro M6 , hl=13,1mm (4x), levá plocha míry 306 ± 0,1 mm	Vrták Ø 5	$a_p=2,5\text{mm}$ $v_c=20\text{m/min}$ $f=0,06\text{mm/ot}$		
5.16	Vrtá Ø 6,8 pro M8, hl=21,2mm (zbytek skrz plochu), (24x), plocha A a plocha A'	Vrták Ø 6,8	$a_p=3,4\text{mm}$ $v_c=20\text{m/min}$ $f=0,09\text{mm/ot}$		
5.17	Vrtá Ø 10,2 pro M12, hl=23,3 (4x), řez L-L	Vrták Ø 10,2	$a_p=5,1\text{mm}$ $v_c=20\text{m/min}$ $f=0,13\text{mm/ot}$		
5.18	Srazí hrany: M8 (24x) - plocha A a plocha A' M12 (4x) - řez L-L	Navrtávák Ø 20 HSS	$v_c=40\text{m/min}$ $f=0,05\text{mm/ot}$		

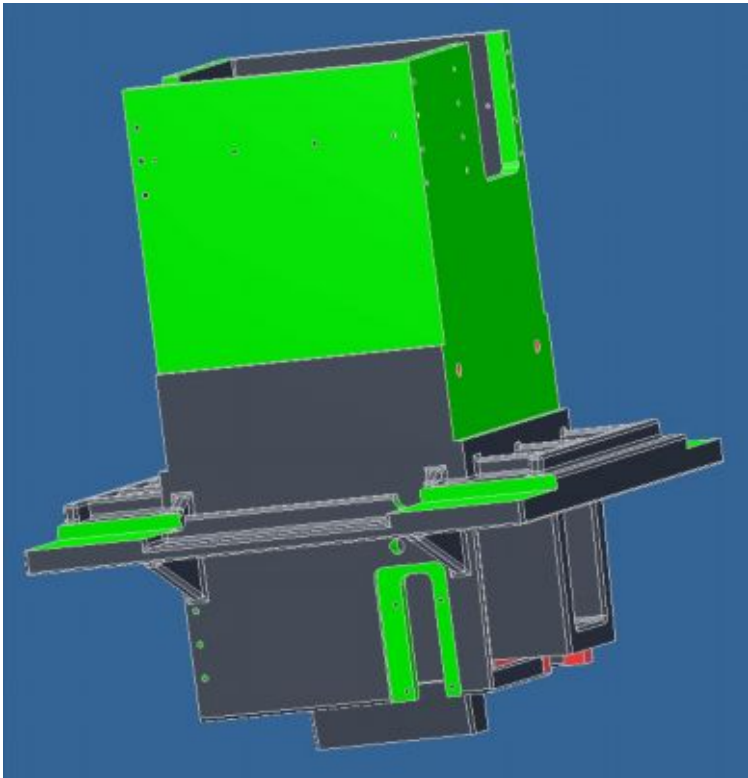
Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
5.19	Řeže závit M5 (24x) hl=10mm, horní čelo	Závtník M5 HSS	$n=280\text{ot/min}$		
5.20	Řeže závit M5 (2x) hl=8mm, ubrání míry - $80\text{mm}/115 \pm 0,1\text{mm}$	Závtník M5 HSS	$n=280\text{ot/min}$		
5.21	Řeže závit M6 (4x) hl=10mm, vybrání $100 \pm 0,2\text{mm} / 120\text{mm}$	Závtník M6 HSS	$n=200\text{ot/min}$		
5.22	Řeže závit M6 (4x) hl=8mm, levá plocha míry $306 \pm 0,1\text{mm}$	Závtník M6 HSS	$n=200\text{ot/min}$		
5.23	Řeže závit M8 (24x) hl=15mm, plocha A a plocha A'	Závtník M8 HSS	$n=160\text{ot/min}$		
5.24	Řeže závit M12 (4x) hl=15mm, řez L-L	Závtník M12 HSS	$n=99\text{ot/min}$		



Obr. 3.4 Dokončení odlitku po upnutí č.5

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
	Upnutí č.6				
6	Frézování – dokončení	Obráběcí centrum ANAYAK VHPLUS 4000			
6.1	Otočí o 180°, upne, vyrovná				
6.2	Dokončí plochu – pravá plocha míry $306 \pm 0,1$ mm hotově	Frézovací hlava \varnothing 160mm s VBD	$a_p=1,5$ mm $v_c=170$ m/min $f=0,1$ mm/z		
6.3	Dokončí vybrání na nulové ploše C (2x) míry $395 - 0,5$,mm $452 \pm 0,2$ mm, 230mm a 15mm, s přídavkem 0,5mm	Fréza válcová čelní \varnothing 63mm HSS	$a_p=30$ mm $v_c=30$ m/min $f=0,1$ mm/z		
6.4	Dokončí drážku 35mm/73mm	Fréza válcová do rohu \varnothing 20mm s VBD	$a_p=1,5$ mm $v_c=190$ m/min $f=0,12$ mm/z		
6.5	Frézuje odlehčení okolo drážky míry 78mm/63mm a $303 \pm 0,2$ mm	Fréza válcová do rohu \varnothing 20mm s VBD	$a_p=1,5$ mm $v_c=190$ m/min $f=0,12$ mm/z		
6.6	Navrtá do hl=2,6mm a tím zároveň srazí hranu pro řezání závitu u: M5 (4x) – odlehčení okolo drážky	Navrtávák \varnothing 20 HSS	$v_c=30$ m/min $f=0,05$ mm/ot		
6.7	Navrtá do hl=3,1mm a tím zároveň srazí hranu pro řezání závitu u: M6 (4x) – horní čelo	Navrtávák \varnothing 20 HSS	$v_c=30$ m/min $f=0,05$ mm/ot		
6.8	Navrtá: M8 (6x), \varnothing 16	Navrtávák \varnothing 20 HSS	$v_c=30$ m/min $f=0,05$ mm/ot		
6.9	Vrtá \varnothing 4,2 pro M5, skrz (4x), odlehčení okolo drážky	Vrták \varnothing 4,2	$a_p=2,1$ mm $v_c=20$ m/min $f=0,05$ mm/ot		

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
6.10	Vrtá $\varnothing 5$ pro M6, hl=13,1mm (4x), pravá plocha míry $306 \pm 0,1$ mm	Vrták $\varnothing 5$	$a_p=2,5$ mm $v_c=20$ m/min $f=0,06$ mm/ot		
6.11	Vrtá $\varnothing 6,8$ pro M8, (6x), skrz pravá plocha míry $306 \pm 0,1$ mm	Vrták $\varnothing 6,8$	$a_p=3,4$ mm $v_c=20$ m/min $f=0,09$ mm/ot		
6.12	Vrtá $\varnothing 16$	Vrták $\varnothing 16$	$a_p=8$ mm $v_c=18$ m/min $f=0,18$ mm/ot		
6.13	Srazí hrany pro závit M8 (6x) – pravá plocha míry $316 \pm 0,1$	Navrtávák $\varnothing 20$ HSS	$v_c=40$ m/min $f=0,05$ mm/ot		
6.14	Řeže závit M5 (4x) hl=10mm, odlehčení okolo drážky	Závtník M5 HSS	$n=280$ ot/min		
6.15	Řeže závit M6 (4x) hl=8mm, horní čelo	Závtník M6 HSS	$n=200$ ot/min		
6.16	Řeže závit M8 (6x) skrz pravou plochu míry $306 \pm 0,1$ mm	Závtník M6 HSS	$n=160$ ot/min		

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
					
Obr. 3.5 Dokončení odlítka po upnutí č.6					
	Upnutí č.7				
7	Frézování – dokončení	Obráběcí centrum ANAYAK VHPLUS 4000			
7.1	Otočí o 90°, upne, vyrovná				
7.2	Dokončí plochu s $\varnothing 22$, míra 263mm hotově	Frézovací hlava $\varnothing 63$ s VBD	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=180\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/z}$		
7.3	Dokončí plochu s $\varnothing 65$, míry $174 \pm 0,2\text{ mm}$, 322mm, s přídavkem 0,5mm	Frézovací hlava $\varnothing 63$ s VBD	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=180\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/z}$		

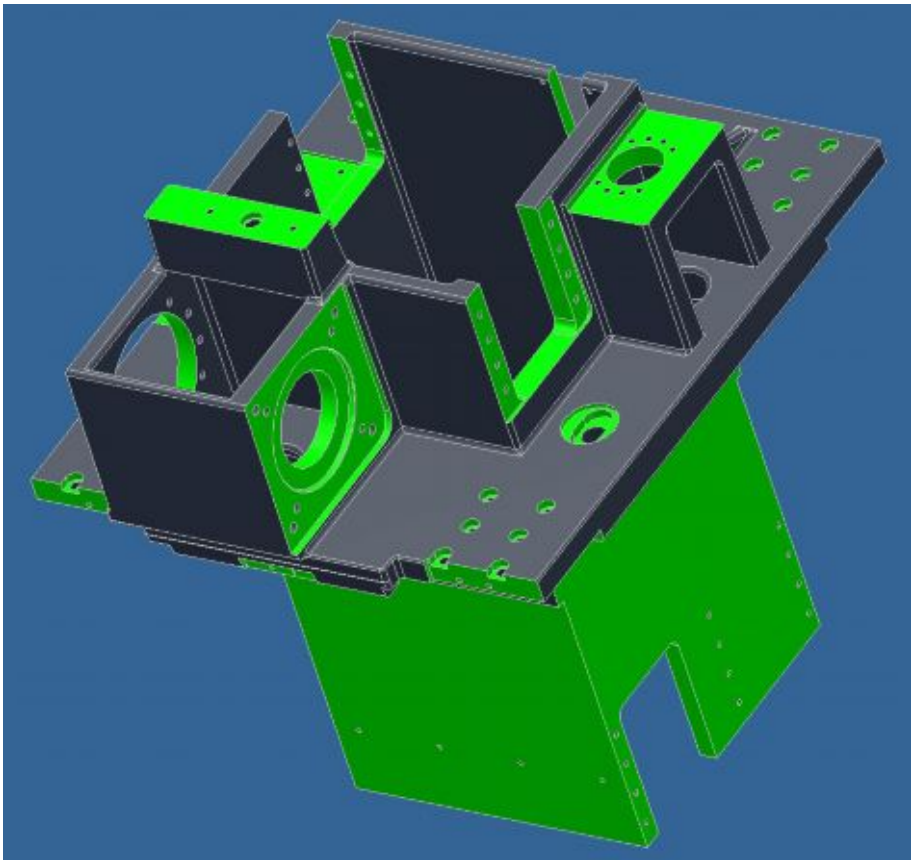
Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
7.4	Dokončí spodní nulovou plochu A	Frézovací hlava \varnothing 160mm s VBD	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=170\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/z}$		
7.5	Dokončí vybrání 240mm/17mm, míra 68mm hotově	Fréza válcová do rohu \varnothing 40 s VBD	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=190\text{m/min}$ $f=0,12\text{mm/z}$		
7.6	Dokončí drážky míry 103mm (2x), míra $230 \pm 0,02$ mm hotově, dodržet míru 40mm, s přídkem 0,5mm	Fréza válcová do rohu \varnothing 20mm s VBD	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=190\text{m/min}$ $f=0,12\text{mm/z}$		
7.7	Dokončí odlehčení $hl=2\text{mm}$ okolo drážky, míry 155mm, 40mm	Fréza válcová do rohu \varnothing 20 HM	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=60\text{m/min}$ $f=0,085\text{mm/z}$		
7.8	Dokončí odlehčení $hl=5\text{mm}$ na ploše s \varnothing 90mm, s přídkem 0,5mm	Fréza válcová do rohu \varnothing 40 HM	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=40\text{m/min}$ $f=0,09\text{mm/z}$		
7.9	Vrtá \varnothing 90mm	Vyvrtávací tyč \varnothing 90mm	$a_p=2,5\text{mm}$ $v_c=100\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/ot}$		
7.10	Zahloubí \varnothing 130H7mm, s přídkem 0,5mm	Fréza válcová do rohu \varnothing 40 HM	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=40\text{m/min}$ $f=0,09\text{mm/z}$		
7.11	Vrtá \varnothing 132mm (otvor \varnothing 136H7mm)	Vyvrtávací tyč \varnothing 132mm	$a_p=2\text{mm}$ $v_c=100\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/ot}$		
7.12	Vrtá \varnothing 132mm na \varnothing 135,6mm (pro otvor \varnothing 136H7mm)	Vyvrtávací tyč \varnothing 135,6mm	$a_p=2\text{mm}$ $v_c=50\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/ot}$		
7.13	Srazí hranu $1 \times 45^\circ$ na \varnothing 130H7mm	Fréza válcová pro srážení hran \varnothing 20 s VBD	$a_p=1\text{mm}$ $v_c=180\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
7.14	Srazí hranu $2 \times 45^\circ$ na \varnothing 130H7mm	Fréza válcová pro srážení hran \varnothing 20 s VBD	$a_p=2\text{mm}$ $v_c=180\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
7.15	Vrtá $\varnothing 65\text{mm}$	Vyvrtávací tyč $\varnothing 65\text{mm}$	$a_p=2,5\text{mm}$ $v_c=100\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/ot}$		
7.16	Navrtá $\varnothing 24$	Navrtávák $\varnothing 20$ HSS	$v_c=30\text{m/min}$ $f=0,05\text{mm/ot}$		
7.17	Vrtá $\varnothing 24^{+0,1}\text{mm}$	Vrták $\varnothing 24$	$a_p=12\text{mm}$ $v_c=16\text{m/min}$ $f=0,22\text{mm/ot}$		
7.18	Zahloubí $\varnothing 55\text{mm}$, $hl=5\text{mm}$	Fréza válcová do rohu $\varnothing 20$ HM	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=60\text{m/min}$ $f=0,085\text{mm/z}$		
7.19	Zpětně zahloubí $\varnothing 45\text{mm}$, $hl=4\text{mm}$	Zpětný záhlubník $\varnothing 25$ s VBD	$a_p=10,5\text{mm}$ $v_c=40\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
7.20	Zpětně srazí hranu $1 \times 45^\circ$ na $\varnothing 24^{+0,1}\text{mm}$	Fréza válcová pro srážení hran $\varnothing 16$ s VBD	$a_p=1\text{mm}$ $v_c=180\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/ot}$		
7.21	Frézuje drážku $30\text{H}7\text{mm}$, $l=50\text{mm}$, hloubka míra 22mm	Fréza válcová do rohu $\varnothing 20$ HM	$a_p=1,5\text{mm}$ $v_c=60\text{m/min}$ $f=0,085\text{mm/z}$		
7.22	Navrtá (pravá plocha – A'): M10 (4x) – plocha $\varnothing 130\text{H}7\text{mm}$ M12 (4x) – plocha $\varnothing 130\text{H}7\text{mm}$ M8 (8x) – řez H-H	Navrtávák $\varnothing 20$ HSS	$v_c=30\text{m/min}$ $f=0,05\text{mm/ot}$		
7.23	Navrtá (svisle) do $hl=2,3\text{mm}$ a tím zároveň srazí hranu pro řezání závitu u: M4 (2x) – řez J-J	Navrtávák $\varnothing 20$ HSS	$v_c=30\text{ m/min}$ $f=0,05\text{mm/ot}$		
7.24	Navrtá (svisle): M8 (8x) – plocha $\varnothing 65\text{mm}$ M8 (2x) – plocha $\varnothing 22\text{mm}$ M8 (2x) – řez N-N M8 (8x) – řez K-K $\varnothing 11$ (24x) M20 (1x)	Navrtávák $\varnothing 20$ HSS	$v_c=30\text{m/min}$ $f=0,05\text{mm/ot}$		

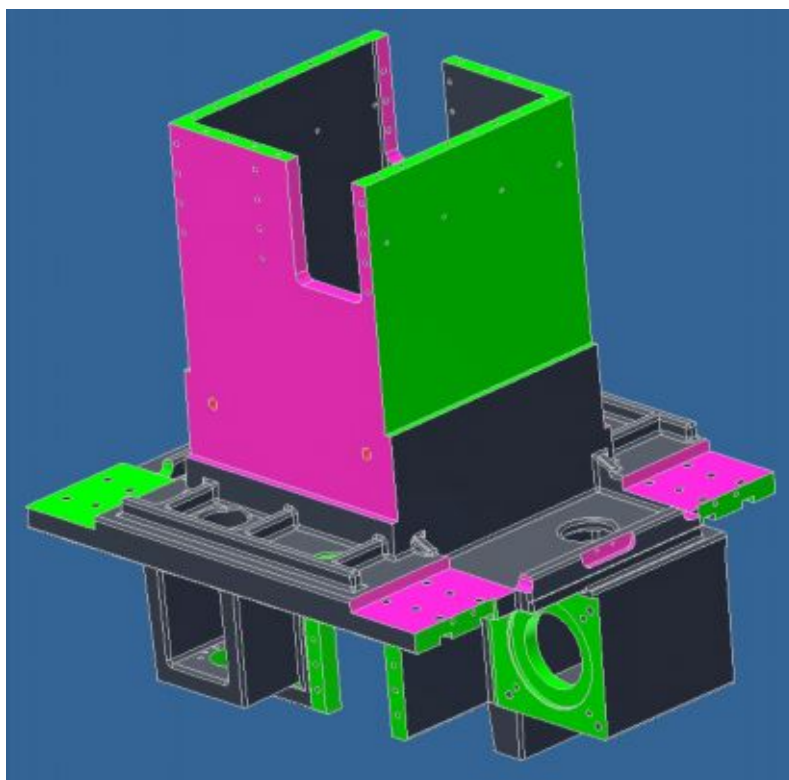
Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
7.25	Navrtá (levá plocha – A): M10 (8x) – plocha $\varnothing 136H7mm$ M8 (8x) – řez A-A	Navrtávák $\varnothing 20$ HSS	$v_c=30m/min$ $f=0,05mm/ot$		
7.26	Vrtá $\varnothing 3,3mm$ pro M4, hl=10,8mm (2x), řez J-J	Vrták $\varnothing 3,3$	$a_p=1,65mm$ $v_c=20m/min$ $f=0,03mm/ot$		
7.27	Vrtá $\varnothing 6,8mm$ pro M8, (8x), skrz plocha $\varnothing 65mm$	Vrták $\varnothing 6,8$	$a_p=3,4mm$ $v_c=20m/min$ $f=0,09mm/ot$		
7.28	Vrtá $\varnothing 6,8mm$ pro M8, hl=17,2mm (2x), plocha $\varnothing 22$	Vrták $\varnothing 6,8$	$a_p=3,4mm$ $v_c=20m/min$ $f=0,09mm/ot$		
7.29	Vrtá $\varnothing 6,8mm$ pro M8, hl=18,2mm (2x), řez N-N	Vrták $\varnothing 6,8$	$a_p=3,4mm$ $v_c=20m/min$ $f=0,09mm/ot$		
7.30	Vrtá $\varnothing 6,8mm$ pro M8, hl=20,2mm (2x), řez K-K	Vrták $\varnothing 6,8$	$a_p=3,4mm$ $v_c=20m/min$ $f=0,09mm/ot$		
7.31	Vrtá $\varnothing 6,8mm$ pro M8, hl=21,2mm (skrz), (8x), řez H-H	Vrták $\varnothing 6,8$	$a_p=3,4mm$ $v_c=20m/min$ $f=0,09mm/ot$		
7.32	Vrtá $\varnothing 6,8mm$ pro M8 hl=21,2mm (skrz), (8x), řez A-A	Vrták $\varnothing 6,8$	$a_p=3,4mm$ $v_c=20m/min$ $f=0,09mm/ot$		
7.33	Vrtá $\varnothing 11mm$ (24x)	Vrták $\varnothing 11$	$a_p=5,5mm$ $v_c=20m/min$ $f=0,14mm/ot$		
7.34	Zahloubí $\varnothing 11$ na $\varnothing 18$ hl=8mm (20x)	Fréza válcová čelní $\varnothing 18$ HSS	$a_p=2mm$ $v_c=26m/min$ $f=0,02mm/z$		
7.35	Frézuje zahloubení na $\varnothing 11$ (4x), hl=8mm, míry 18mm/18mm	Fréza válcová čelní $\varnothing 18$ HSS	$a_p=2mm$ $v_c=26m/min$ $f=0,02mm/z$		
7.36	Vrtá $\varnothing 8,5mm$ pro M10, (4x), skrz plocha $\varnothing 130H7mm$	Vrták $\varnothing 8,5$	$a_p=4,25mm$ $v_c=20m/min$ $f=0,11mm/ot$		

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
7.37	Vrtá Ø 8,5mm pro M10, (8x), skrz plocha Ø136H7mm	Vrták Ø 8,5	$a_p=4,25\text{mm}$ $v_c=20\text{m/min}$ $f=0,11\text{mm/ot}$		
7.38	Vrtá Ø 10,2mm pro M12, hl=23,3mm (4x), plocha Ø130H7mm	Vrták Ø 6,8	$a_p=3,4\text{mm}$ $v_c=20\text{m/min}$ $f=0,09\text{mm/z}$		
7.39	Vrtá Ø17,5mm pro M20, hl=44,2mm	Vrták Ø 17,5	$a_p=8,75\text{mm}$ $v_c=17/\text{min}$ $f=0,19/\text{ot}$		
7.40	Zahloubí Ø22mm, hl=7mm	Fréza válcová čelní Ø 22(HSS)	$a_p=1\text{mm}$ $v_c=26\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/ot}$		
7.41	Srazí hrany (pravá plocha – A'): M10 (4x) – plocha Ø130H7mm M12 (4x) – plocha Ø130H7mm M8 (8x) – řez H-H (svisle): M8 (8x) – plocha Ø65mm M8 (2x) – plocha Ø22mm M8 (2x) – řez N-N M8 (8x) – řez K-K (levá plocha – A): M10 (8x) – plocha Ø136H7mm M8 (8x) – řez A-A	Navrtávák Ø 20 HSS	$v_c=40\text{m/min}$ $f=0,05\text{mm/ot}$		
7.42	Řeže závit M4 (2x) hl=7mm, řez J-J	Závtník M4 HSS	$n=360\text{ot/min}$		
7.43	Řeže závit M8 (8x) hl=19mm, plocha Ø65mm	Závtník M8 HSS	$n=160\text{ot/min}$		
7.44	Řeže závit M8 (2x) hl=11mm, plocha Ø22	Závtník M8 HSS	$n=160\text{ot/min}$		
7.45	Řeže závit M8 (2x) hl=12mm, řez N-N	Závtník M8 HSS	$n=160\text{ot/min}$		
7.46	Řeže závit M8 (8x) hl=14mm, řez K-K	Závtník M8 HSS	$n=160\text{ot/min}$		

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
7.47	Řeže závit M8 (8x) hl=15mm, řez H-H	Závtník M8 HSS	$n=160\text{ot/min}$		
7.48	Řeže závit M8 (8x) hl=15mm (skrz), řez A-A	Závtník M8 HSS	$n=160\text{ot/min}$		
7.49	Řeže závit M10 (4x), skrz plocha $\varnothing 130H7$	Závtník M10 HSS	$n=130\text{ot/min}$		
7.50	Řeže závit M10 (8x), skrz plocha $\varnothing 136H7$	Závtník M10 HSS	$n=130\text{ot/min}$		
7.51	Řeže závit M12 (4x) hl=15mm, plocha $\varnothing 130H7$	Závtník M12 HSS	$n=99\text{ot/min}$		
7.52	Srazí hranu pro M20	Fréza válcová pro srážení hran $\varnothing 16$ s VBD	$a_p=1\text{mm}$ $v_c=180\text{m/min}$ $f=0,2\text{mm/z}$		
7.53	Řeže závit M20 hl=33mm	Závtník M20 HSS	$n=66\text{ot/min}$		

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
					
Obr. 3.6 Dokončení odlitku po upnutí č.7					
	LEGALIZACE				
	Upnutí č.8				
8	Frézování – legalizace	Obráběcí centrum ANAYAK VHPLUS 4000			
8.1	Lehce upne, vyrovná				
8.2	Dokončí nulové plochy A, A', míra 140mm, hotově míra 316 ± 0,1 mm	Frézovací hlava Ø 160mm s VBD	$a_p=0,5\text{mm}$ $v_c=170\text{m/min}$ $f=0,1\text{mm/z}$		

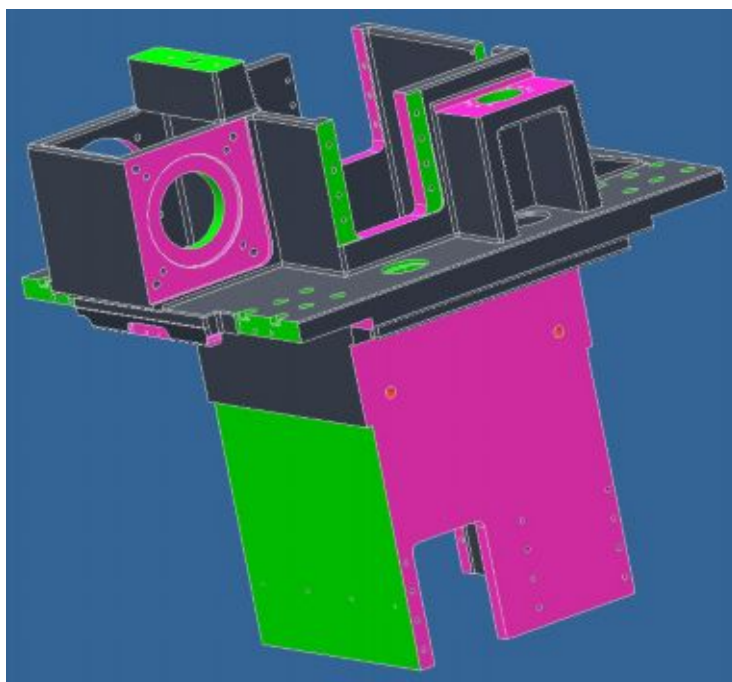
Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
8.3	Dokončí drážku 103mm/155mm (2x), míra $230 \pm 0,02$ mm hotově	Fréza válcová do rohu \varnothing 20mm s VBD	$a_p=0,5$ mm $v_c=190$ m/min $f=0,12$ mm/z		
8.4	Dokončí vybrání na nulové ploše C (2x), míry 230mm, $47 \pm 0,1$ mm plocha B a $452 \pm 0,2$ mm hotově	Fréza válcová čelní \varnothing 63mm HSS	$a_p=30$ mm $v_c=30$ m/min $f=0,1$ mm/z		
8.5	Dokončí vybrání míra $115 \pm 0,1$ mm k míře 118mm/80mm hloubka 17mm	Frézovací hlava \varnothing 63 s VBD	$a_p=0,5$ mm $v_c=180$ m/min $f=0,1$ mm/z		



Obr. 3.7 Legalizace odlitku po upnutí č.8

	Upnutí č.9				
9	Frézování – legalizace	Obráběcí centrum ANAYAK VHPLUS 4000			
9.1	Otočí o 180° , lehce upne, vyrovná				

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
9.2	Dokončí vybrání na nulové ploše C (2x) míry $395 - 0,5$ mm $452 \pm 0,2$ mm, 230mm a 17mm hotově	Fréza válcová čelní \varnothing 63mm HSS	$a_p=30$ mm $v_c=30$ m/min $f=0,1$ mm/z		
9.3	Dokončí plochu s \varnothing 65, míry $174 \pm 0,2$ mm, 322mm hotově	Frézovací hlava \varnothing 63 s VBD	$a_p=0,5$ mm $v_c=180$ m/min $f=0,1$ mm/z		
9.4	Dokončí odlehčení hl=5mm na ploše s \varnothing 90mm	Fréza válcová do rohu \varnothing 40 HM	$a_p=0,5$ mm $v_c=40$ m/min $f=0,09$ mm/z		
9.5	Zahloubí \varnothing 130H7mm	Fréza válcová do rohu \varnothing 40 HM	$a_p=0,5$ mm $v_c=40$ m/min $f=0,09$ mm/z		
9.6	Dokončí drážku míry 103mm (2x), míra $230 \pm 0,02$ mm hotově, dodržet míru 40mm	Fréza válcová do rohu \varnothing 20mm s VBD	$a_p=0,5$ mm $v_c=190$ m/min $f=0,12$ mm/z		
9.7	Vrtá \varnothing 136H7mm	Mikrotyč \varnothing 136H7mm	$a_p=0,2$ mm $v_c=16$ m/min $f=0,22$ mm/ot		



Obr. 3.8 Legalizace odlitku po upnutí č.9

Číslo op.	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	t_{BC}	t_{AC}
10	Nástrojař				
10.1	Ojehlí, upraví, připraví pro montáž	pilník, strojnická škrabka			
Celkem				520	1782

Veškeré řezné podmínky jsou navrženy podle katalogem doporučených hodnot k daným nástrojům, respektive k břitovým destičkám. Některé hodnoty bude nutno upravit přímo na stroji, například v případě první třísky u obrábění kůry odlitku, při nepřesnostech odlitku nebo při obrábění s velkým vyložení nástroje. Nástroje použité v tomto technologickém postupu firma už vlastní, tedy není potřeba dalších investic. Většina nástrojů je navrhována z výrobního programu firmy Seco Tools.

Při obrábění novou technologií vzniknou nebo zaniknou některé zaoblené plochy (rádiusy). To je způsobeno rozdílným způsobem obrábění. Tyto drobné změny nebudou mít žádný vliv na funkci součásti v rámci sestavy.

4. Volba vhodného stroje

4.1 Volba strojů

Volba strojů vychází ze strojového vybavení firmy Flow Tech s.r.o. a tudíž není zapotřebí dalších investic.

Vertikálně horizontální frézovací centrum Anayak VHPLUS- 4000

Jedná se o frézku s ložem a s pohyblivým stolem, na němž se provádí pohyb ve dvou vzájemně kolmých osách. Kolmo na lože je sloup s vertikálním posuvem. Stroj je vybaven otočnou multiúhlovou hlavou, která umožňuje práci jak ve vertikální, tak v horizontální poloze.

Na základě své konstrukce a svého řídicího systému může stroj vykonávat mnoho různých operací frézování: od jednotlivých obrobků v oblasti forem a raznic, vývoje prototypů, údržby a oprav, různých subdodávek atd, až po výrobu ve středně velkých i velkých sériích.



Obr. 4.1 Frézovací centrum Anayak VHPLUS- 4000

Tabulka č.4.1 Vybrané parametry frézovacího centra [4]

Řízení stroje		
řídící systém	HEIDENHAIN 530	
Pracovní rozsah		
osa X (podélný)	4000	mm
osa Y (příčný)	1700	mm
osa Z (vertikální)	1500	mm
Stůl		
pracovní plocha	1100 x 4200	mm
maximální zatížení	1000	kg
Rozměry stroje		
délka x šířka	12120 x 6470	mm
Zásobník nástrojů		
počet míst v zásobníku	64	
upnutí nástroje	mechanicky	
max.tíha nástroje a upínače	15	kg
uvolnění nástroje	hydraulicky	
Vřeteno		
otáčky vřetena	60 - 5000	min ⁻¹
výkon motoru	22/ 30	kW
typ převodu	řemenový	
konicita vřetena	ISO 50	
Posuvy		
pracovní posuv	X,Y,Z = 10000	mm/min
rychloposuv	X,Y,Z = 20000	mm/min

5. Technicko - ekonomické zhodnocení

5.1 Porovnání nákladů na výrobu svařence a odlitku

V tabulkách 5.1 a 5.2 jsou rozebrány náklady na výrobu odlitku a svařence. Celkové náklady na výrobu jednoho svařence bez jeho obrobení činí 32063 Kč, náklady na výrobu samotného odlitku (bez ceny modelu 184000 Kč) a bez jeho obrobení jsou 14190 Kč. Z toho plyne, že návratnost modelu dosáhneme při dávce 11 kusů, což odpovídá vybavení dvou menších obráběcích strojů těmito vřetenovými jednotkami (stroj obsahuje 6 až 8 těchto vřetenových jednotek). Veškeré další vřetenové jednotky budou vyráběny s úsporou 17874 Kč. Slévárnou udávaná životnost modelu je 400 kusů odlitků.

5.2 Porovnání nákladů na obrábění svařence a odlitku


U stávajícího technologického postupu jsou uvedeny celkové časy na jednotlivých pracovištích. Přípravný čas pro obrábění sestavy svařence je uváděn pro šestikusovou dávku. U navrhované technologie byl kusový čas zjištěn simulací v programu EdgeCam a přípravný čas byl určen na základě zkušeností technologů.

V tabulce č. 5.3 je znázorněno srovnání obou výrob. Je zde určena úspora pro 18 kusů vřetenových jednotek (tři menší stroje), což je překpkládané množství v prvním roce výroby obráběcího stroje, do něhož jsou jednotky určené, dále je zde určena úspora pro 24 kusů těchto jednotek v druhém roce výroby.


5.3 Výhody nahrazení sestavy svařence odlitkem

Celkové snížení nákladů na výrobu, nižší spotřeba materiálu. Podstatné zkrácení průběžné doby výroby dílů, minimálně o přípravné a výrobní časy jednotlivých dílů sestavy svařence a o následné svařování sestavy. Snažší sledování zakázky, snížení sledovaných položek (19) oproti jedné položce odlitek. Omezení vlivu nepřesností způsobených lidským faktorem, opakovaná přesnost. Snížení nákladů na kontrolu, jakost a přípravu výroby.

Tabulka č.5.1 Náklady na výrobu stávající technologií


<div>  <p>Obr. 5.1 Symbol [5]</p> </div> <div> <p>Tabulka – celkové náklady na výrobu stávající technologií</p> </div>				
Vypálení polotovarů (materiál včetně vypálení)	Hmotnost	Sazba	Σ Kč	
	187,5 Kg	40 Kč/Kg	7500	
Nařezání polotovarů (materiál včetně nařezání)	Hmotnost	Sazba	Σ Kč	
	17,53 Kg	30 Kč/Kg	525,9	
Opískování vypálených polotovarů	Hmotnost	Sazba	Σ Kč	
	187,5 Kg	4 Kč/Kg	750	
Obráběné díly sestavy svařence	t_{BC}	t_{AC}	Sazba	Σ Kč
	615 min	1508 min	600 Kč/hod	16105
Svařování sestavy	t_{BC}	t_{AC}	Sazba	Σ Kč
	150 min	550 min	450 Kč/hod	4312,5
Žíhání sestavy svařence	Hmotnost	Sazba	Σ Kč	
	205 Kg	10 Kč/Kg	2050	
Opískování sestavy svařence	Hmotnost	Sazba	Σ Kč	
	205 Kg	4 Kč/Kg	820	
Celkem - náklady na výrobu svařence				32063
Otvory pro manipulační oka	t_{BC}	t_{AC}	Sazba	Σ Kč
	30 min	30 min	600 Kč/hod	350
Obrábění sestavy svařence	t_{BC}	t_{AC}	Sazba	Σ Kč
	670 min	2940 min	600 Kč/hod	30517
Celkem obrábění sestavy svařence				30867

Tabulka č.5.2 Náklady na výrobu navrhovanou technologií

 Obr. 5.2 Symbol [5]		Tabulka – celkové náklady na výrobu navrhovanou technologií			
Náklady na odlití		Hmotnost	Sazba	Σ Kč	
		215 Kg	52 Kč/Kg	11180	
Žíhání odlitku		Hmotnost	Sazba	Σ Kč	
		215 Kg	10 Kč/Kg	2150	
Opískování odlitku		Hmotnost	Sazba	Σ Kč	
		215 Kg	4 Kč/Kg	860	
Náklady na výrobu jednoho odlitku				14190	
Náklady na výrobu modelu odlitku				184000	
Žíhání vyhrubovaného odlitku		Hmotnost	Sazba	Σ Kč	
		215 Kg	10 Kč/Kg	2150	
Opískování vyhrubovaného odlitku		Hmotnost	Sazba	Σ Kč	
		215 Kg	4 Kč/Kg	860	
Obrábění odlitku	t _{BC}	t _{AC}	Sazba	Σ Kč	
	520 min	1782 min	1000 Kč/hod	31144	
Celkem obrobení odlitku				34154	

Váha odlitku stanovena z cenové nabídky na odlití. Přípravné časy v obou tabulkách brány pro šestikusovou dávku.

Tabulka č.5.3 Srovnání nákladů obou technologií



Obr. 5.3 Symbol [5]

Tabulka – srovnání nákladů obou technologií

1. rok – 3 menší stroje = 18 vřetenových jednotek

	Náklady	Počet kusů	Σ Kč
Celkové náklady na výrobu svařence	32063 Kč	18	577134
Celkové náklady na obrobení svařence	30867 Kč	18	555606
Celkem			1132740
Náklady na výrobu modelu odlitku	184000 Kč	1	184000
Celkové náklady na výrobu odlitku	14190 Kč	18	255420
Celkové náklady na obrábění a tep. zprac. odlitku	34154 Kč	18	614772
Celkem			1054192
Úspora			78548

2. rok – 4 menší stroje = 24 vřetenových jednotek

	Náklady	Počet kusů	Σ Kč
Celkové náklady na výrobu svařence	32063 Kč	24	769512
Celkové náklady na obrobení svařence	30867 Kč	24	740808
Celkem			1510320
Celkové náklady na výrobu odlitku	14190 Kč	24	340560
Celkové náklady na obrábění a tep. zprac. odlitku	34154 Kč	24	819696
Celkem			1160256
Úspora			350064

6. Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo nahradit stávající svařenec odlitkem a vytvořit návrh nové technologie výroby. K řešení bylo nutné provést rozbor stávající výroby části vřetenové jednotky, poté provést návrh nové technologie obrábění včetně volby nového obráběcího stroje a nástrojů.

Návratnost samotného odlitku oproti svařenci (bez obrábění) je již při 11 kusech vřetenových jednotek, což odpovídá dvěma menším strojům vybavených těmito vřetenovými jednotkami. Veškeré další odlitky budou vyráběny s úsporou 17874 Kč oproti svařenci.

V prvním roce výroby je uvažováno s dávkou 18 kusů vřetenových jednotek. U tohoto množství při nahrazení svařence odlitkem dosáhneme úspory 78548 Kč, v této dávce se pokryjí náklady na model odlitku, viz výše. V dalším roce se počítá s výrobou 24 jednotek, u tohoto množství by úspora oproti stávající technologii činila již 350064 Kč.

Další výhodou nahrazení svařence odlitkem je podstatné zkrácení průběžné doby výroby dílů, minimálně o přípravné a výrobní časy jednotlivých dílů sestavy svařence a o následné svařování sestavy. Snazší sledování zakázky, snížení sledovaných položek (19) oproti jedné položce (odlitek). Dále omezení vlivu nepřesností způsobených lidským faktorem, opakovaná přesnost a snížení nákladů na kontrolu, jakost a přípravu.

Použitá literatura :

- [1] HUMÁR, A. *Technologie 1 – technologie obrábění, část 1*. Brno : odbor obrábění, UST VUT Brno, 2003. Dostupné na:
<<http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni>>.
- [2] ŘASA, J; GABRIEL, V. *Strojírenská technologie 3. Metody, stroje a nástroje pro obrábění*. 1.díl. Praha: Scientia, 2000. 256 s. ISBN 80–7183–207–3.
- [3] FRISCHHERZ, A; PIEGLER, H. *Technologie zpracování kovů 2. Odborné znalosti*. 4. vydání. Praha: SNTL, 2001. 280 s. ISBN 80–902655–1–0.
- [4] SANDVIK Coromant, Technical Editorial dept. *Modern Metal Cutting – A Practical Handbook*. Tofters Tryckery AB, Sweden, 1994, 927 s. ISBN 91 – 972290 – 0 – 3.
- [5] NOVÁK, Josef; ŠLAMPOVÁ, Pavlína. Racionalizace výroby. Projekty s podporou EU [online]. [cit. 20. listopadu 2008]. Dostupné na WWW:
<<http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/racionalizace-vyroby.pdf>>.
- [6] LEGNEX. *Pilové pásy EBERLE* [online]. 21.4.2009 [cit. 21.května 2009]. Dostupné na: < <http://www.legnex.cz/>>.
- [7] Ing.LADISLAV JANČA dsts. *Úvodní strana* [online]. 21.4.2009 [cit. 21.května 2009]. Dostupné na: < <http://www.dsts.cz/cs/uvodni-strana>>.
- [8] PLAZMA CZ. [online]. 21.4.2009 [cit. 21.května 2009]. Dostupné na:
< <http://www.plazmacz.cz/>>.

- [9] ESAB. *Vzdělávání. Svařovací metody. Svařování v ochranné atmosféře plynů* [online]. 21.4.2009 [cit. 21.května 2009]. Dostupné na:
< <http://www.esab.cz/cz/cz/education/processes-mig-gmaw.cfm> >.
- [10] DUPALA, O. *Změna technologie výroby vrtací hlavy v podmínkách FLOW TECH s.r.o Zlín: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB Fakulta strojní, 2007. 52s., 2 příl.
- [11] LEINVEBER, J; VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 3. vydání. Praha, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7
- [12] VASILKO, K; HAVRILA, M; MARCINČIN-NOVÁK, J; MÁDL, J; ZAJAC, J. *Top trendy v obrábění, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [13] WIKIPEDIE. *Tvárná litina. Vlastnosti tvárné litiny*. [online]. 21.4.2009 [cit. 21.května 2009]. Dostupné na:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Tv%C3%A1rn%C3%A1_litina#Vlastnosti_tv.C3.A1rn.C3.A9_litiny>.
- [14] ICON TECHNOLOGIES. *News. ICON Technologies Official Press Release*. [online]. 27.4.2009 [cit. 27.května 2009]. Dostupné na:
< <http://www.icon.hydromat.com/pdf/ICON-PR-web.pdf> >.

Katalogy, prospekty a firemní materiály.

Poděkování :

Rád bych poděkoval především spolumajiteli firmy Flow Tech s.r.o., panu Ing. Radoslavu Dupalovi, který mi dal příležitost a téma mé diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům Flow Tech s.r.o., zejména pak panu Pavlovi Steinovi za odborné rady. Také bych chtěl poděkovat mému vedoucímu diplomové práce Ing. Robertu Čepovi, Ph.D. za odborné rady a trpělivost.

Seznam příloh:

Příloha č.1- Výkres části vřetenové jednotky

Příloha č.2- Stávající technologický postup – obrábění svařence

**Příloha č.3- Stávající technologický postup – díly sestavy svařence,
pouze na cd.**